

**I. Einfaches Instrument zu meteorologischen Lichtmessungen in allgemein vergleichbarem Maafse;
von H. E. Roscoe.**

(Gelesen vor der *Royal Society*, Dec. 22, 1864 und mitgetheilt
vom Hrn. Verfasser.)

In der Abhandlung über meteorologische Lichtmessungen¹⁾ beschrieben Bunsen und ich eine Methode, um die photochemische Wirkung des gesammten Tageslichtes durch Beobachtung photographischer Schwärzungen zu bestimmen. Diese Methode stützt sich auf das von uns geprüfte Gesetz, dafs »innerhalb sehr weiter Gränzen gleichen Producten aus Lichtintensität und Insulationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Sensibilität entsprechen.«

Der damals von uns beschriebene Pendelapparat macht es möglich, das photographische Normalpapier für eine kurze, aber genau bestimmte Zeit dem Lichte auszusetzen und einen Streifen von geschwärztem Chlorsilberpapier zu erhalten, welcher auf seiner ganzen Länge eine stetig abnehmende Schwärzung zeigt. Die Insulationsdauer für einen jeden Punkt dieses Streifens kann aus der Schwingungsdauer und Amplitude des Pendels genau innerhalb kleiner Bruchtheile von Sekunden bestimmt werden. Als Maafseinheit nahmen wir diejenige Lichtintensität an, welche in einer Sekunde eine gegebene, willkürlich angenommene Schwärzung, die sogenannte Normalschwärzung hervorbringt; die Reciproken der Zeit in Sekunden ausgedrückt, welche nöthig ist auf dem Papiere Normalschwärzung

1) Diese Annalen Bd. 117, S. 529.

hervorzurufen, giebt die Intensität des wirksamen Lichtes, ausgedrückt in der angeführten Maafseinheit.

Mittelst dieser Methode habe ich allgemein vergleichbare Messungen der chemischen Wirkung des gesammten Tageslichtes in Manchester ausgeführt und aus den sich daraus ergebenden Zahlen Curven construirt, welche den Wechsel der täglichen chemischen Intensität darstellen.

Messungen nach dieser Methode sind jedoch mit einigen Schwierigkeiten verbunden, welche eine regelmässige Reihe täglicher Messungen erschweren: der Apparat kann nur bei ruhigem Wetter benutzt werden; tägliche Beobachtungen erfordern beträchtliche Mengen von photographischem Papier, und die Ausführung der Versuche nimmt viel Zeit in Anspruch.

Der neue hier zu beschreibende Apparat vermeidet die angeführten Nachtheile; derselbe nimmt wenig Raum ein, und kann bei jeder Witterung benutzt werden; dabei sind die Messungen so einfach, dafs man ohne Mühe eine regelmässige Reihe täglicher Messungen ausführen kann, und der Verbrauch von photographischem Papier ist so gering, dafs sich 45 verschiedene Bestimmungen auf 36 Quadrat Centimeter desselben ausführen lassen.

Als Grundlage für die neue Methode dienen Streifen von photographischem Normalpapier, welche im Pendel-Apparate geschwärzt werden. Von 2 solchen Streifen wird der eine in einer Lösung von unterschwelligsaurem Natron fixirt, gewaschen, getrocknet, auf ein mit einer Millimeter-scala versehenes Brettchen geklebt und sodann mit Hülfe des zweiten, nicht fixirten Streifens auf die Weise graduirt, dafs bei dem Lichte der Natronflamme, die Lage der Punkte, welche die nämliche Schwärzung besitzen, abgelesen wird, nachdem auf dem unfixirten Streifen die Stelle der Normalschwärze vorher genau bestimmt wurde. Die weitere Anwendung des fixirten Streifens hängt von dieser Vergleichung mit dem unfixirten ab. Wie mit Hülfe dieses fixirten Streifens die chemische Wirkung des Tageslichtes bestimmt werden kann, wird aus Folgendem hervorgehen.

Nehmen wir znerst an, dafs man auf dem fixirten Streifen die Lage der Punkte genau gemessen habe, welche eine gleiche Schwärzung zeigen mit Punkten, welche auf dem nicht fixirten Streifen in gleich grofsen Zwischenräumen z. B. 10 Millimeter liegen. Mit Hülfe von Tabelle I. der früheren Abhandlung, welche nachstehend nochmals abgedruckt ist, finden wir die Beziehungen zwischen der Insulationszeit, welche nöthig ist die fragliche Schwärzung bei constanter Intensität hervorzurufen. Nehmen wir nun weiter an, dafs auf dem unfixirten Streifen die Lage des Punktes, welcher Normalschwärze besitzt, festgestellt worden und die Insulationszeit, welche derselben entspricht, aus der Tabelle entnommen worden sey.

Tabelle I.

I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden
0	1,200	27	1,030	54	0,893	81	0,768
1	1,193	28	1,025	55	0,888	82	0,764
2	1,186	29	1,019	56	0,884	83	0,759
3	1,179	30	1,014	57	0,879	84	0,755
4	1,172	31	1,009	58	0,874	85	0,750
5	1,165	32	1,003	59	0,870	86	0,745
6	1,158	33	0,998	60	0,865	87	0,741
7	1,151	34	0,993	61	0,860	88	0,736
8	1,144	35	0,988	62	0,856	89	0,732
9	1,137	36	0,983	63	0,851	90	0,727
10	1,131	37	0,977	64	0,846	91	0,723
11	1,125	38	0,972	65	0,841	92	0,718
12	1,119	39	0,967	66	0,837	93	0,714
13	1,113	40	0,962	67	0,832	94	0,709
14	1,106	41	0,957	68	0,828	95	0,704
15	1,100	42	0,952	69	0,823	96	0,700
16	1,094	43	0,947	70	0,819	97	0,695
17	1,087	44	0,942	71	0,814	98	0,691
18	1,081	45	0,937	72	0,809	99	0,686
19	1,076	46	0,932	73	0,805	100	0,682
20	1,070	47	0,927	74	0,800	101	0,677
21	1,064	48	0,922	75	0,796	102	0,672
22	1,058	49	0,917	76	0,791	103	0,668
23	1,053	50	0,912	77	0,786	104	0,663
24	1,047	51	0,907	78	0,782	105	0,659
25	1,041	52	0,903	79	0,777	106	0,654
26	1,036	53	0,898	80	0,773	107	0,650

I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden	I. Milli- meter	II. Sekunden
108	0,645	128	0,549	148	0,442	168	0,314
109	0,640	129	0,544	149	0,436	169	0,309
110	0,635	130	0,539	150	0,431	170	0,300
111	0,631	131	0,534	151	0,425	171	0,291
112	0,626	132	0,528	152	0,419	172	0,283
113	0,621	133	0,523	153	0,413	173	0,274
114	0,617	134	0,518	154	0,407	174	0,266
115	0,612	135	0,513	155	0,401	175	0,257
116	0,607	136	0,508	156	0,394	176	0,249
117	0,603	137	0,502	157	0,388	177	0,240
118	0,598	138	0,497	158	0,382	178	0,229
119	0,593	139	0,492	159	0,376	179	0,219
120	0,588	140	0,487	160	0,369	180	0,208
121	0,583	141	0,482	161	0,363	181	0,198
122	0,078	142	0,476	162	0,357	182	0,187
123	0,573	143	0,470	163	0,350	183	0,176
124	0,568	144	0,465	164	0,343	184	0,161
125	0,563	145	0,459	165	0,336	185	0,146
126	0,558	146	0,453	166	0,329	186	0,131
127	0,553	147	0,448	167	0,321	187	0,116

Wenn nun diese verschiedenen Schwärzungen in gleicher Zeit durch verschiedene Lichtintensitäten erzeugt worden wären, anstatt durch eine gleiche Lichtintensität, welche während verschiedener Zeit wirkte, so ergibt sich aus dem oben erwähnten Satze, daß die in der Tabelle gefundenen Zahlen, die Verhältnisse dieser verschiedenen Intensitäten ausdrücken würden. Um diese Verhältnisse in der photometrischen Maafseinheit auszudrücken, hat man nur die so erhaltenen Zahlen mit einer Constanten zu multipliciren. Diese Constante ist die Reciproke der in Columne II. der Tabelle gefundenen Zahl, gegenüberstehend der Zahl in Columne I., welche den Punkt der Normalschwärze auf dem unfixirten Streifen angiebt.

Nachstehendes Beispiel wird die Art der Berechnung erläutern.

1) Die Normalschwärze fand man auf dem unfixirten Streifen bei 112 Millim. liegend.

2) Die Stellen, welche gleiche Schwärzung hatten mit zwei Punkten des unfixirten Streifens, beide 10 Millimeter

von der Normalschwärze entfernt, fanden sich auf dem fixirten Streifen bei 100 und 123 Millimeter.

3) Aus der Tabelle ergibt sich das diesen zwei Punkten entsprechende Verhältniß der Schwärzung zu 0,672 und 0,578.

4) Multiplicirt man beide Zahlen mit $\frac{1}{0,626}$ d. i. der Reciproken, der 112 Millimeter entsprechenden Intensität, so erhält man die Intensitäten, welche während einer Sekunde die fraglichen Schwärzungen erzeugen, ausgedrückt in der Maafseinheit.

Die Beobachtungsmethode wird auf diese Art sehr einfach. Jedem der fixirten und graduirten Streifen wird eine Tabelle beigegeben, welche den Werth der Schwärzung für jedes Millimeter längs des Streifens, in der Maafseinheit ausgedrückt, angiebt. Insolirt man dann ein Stück photographisches Normalpapier, während einer bekannten Anzahl von Sekunden, bis eine Schwärzung erhalten wird, deren Intensität derjenigen irgend einer Stelle auf dem fixirten Streifen gleichkommt, und bestimmt man die Lage dieser Schwärzung genau bei dem Lichte der Natronflamme, so findet man die Intensität des wirkenden Lichtes, ausgedrückt in der Maafseinheit, indem man die Zahl, welche in der Intensitätstabelle der Stelle gleicher Schwärzung entspricht, durch die in Sekunden gegebene Insulationszeit dividirt.

Um diese Methode zur Messung als zuverlässig betrachten zu können, müssen folgende Bedingungen erfüllt seyn:

1) Die Schwärze des fixirten Normalstreifens muß für einen beträchtlichen Zeitraum unveränderlich bleiben.

2) Die Schattirung dieses Streifens muß ganz regelmäßig abgestuft sein, um durch Vergleichung mit dem unfixirten Streifen eine genaue Graduierung zu ermöglichen.

3) Gleichzeitige Messungen, welche mit verschiedenen graduirten Streifen ausgeführt wurden, müssen genaue Uebereinstimmung zeigen, sowohl unter sich als auch mit

Beobachtungen, welche mittelst des Pendelapparates gemacht wurden.

I. Bereitung der fixirten Normalstreifen.

Zur Darstellung der fixirten Normalstreifen wird photographisches Normalpapier verwendet, das genau nach der in der mehrfach erwähnten Abhandlung beschriebenen Anweisung bereitet worden ist. Ein Stück davon von 16 Centimeter Länge und 15 Centimeter Breite wird mit den Ecken auf den Metallschieber des Pendelapparates geklebt, (dessen Schlitz auf 15 Centimeter erweitert und mit einer 16 Centimeter breiten, geschwärzten Glimmerplatte versehen ist) und mit dem Metalldeckel bedeckt in das Schubfach des Apparates eingeführt. Die Insolation wird sodann auf bekannte Weise ausgeführt, bis genügende Schwärzung eingetreten ist, welche man sofort mittelst einer Lösung von unterschwefeligsurem Natron fixirt und dann das Papier während 3 Tage in fließendem Wasser auswäscht. Der gelbliche Ton, welchen das fixirte Papier annimmt, läßt sich sehr leicht beim Lichte der monochromatischen Natronflamme mit der bläulich grauen Färbung der unfixirten Streifen vergleichen, weshalb der Gebrauch photographischer Tonbäder vermieden wurde, durch die man sich der Gefahr aussetzt, ein schnelles Abblassen der Streifen herbeizuführen. Jedes so zubereitete Blatt wird in 4 Streifen von 3 Centimeter Breite und 16 Centimeter Länge zerschnitten und diese zur Graduirung aufbewahrt.

Zunächst handelte es sich darum, zu untersuchen, ob diese fixirten Streifen ihre Schwärzung bei der Aufbewahrung im Tageslichte und im Dunkeln verändern.

Zu diesem Zwecke wurden von verschiedenen so zubereiteten Stücken Papiers, je zwei Streifen abgeschnitten und auf jedem die Lage des Punktes, welcher Normal-schwärze besitzt, genau festgestellt. Die eine Hälfte dieser Streifen wurde sorgfältig im Dunkeln aufbewahrt, während die andere Hälfte dem zerstreuten sowohl als dem directen Sonnenlichte ausgesetzt wurde, während eines Zeitraumes,

der sich von 14 Tagen bis zu 6 Monaten erstreckte, und die Stelle, welche der Normalschwärzung gleichkommt, von Zeit zu Zeit wieder bestimmt.

Aus einer größeren Anzahl solcher vergleichenden Versuche, von welchen einige weiter unten angeführt sind, ergab sich, daß beinahe in allen Fällen ein unregelmäßiges und einigemal ein sehr schnelles Verbleichen unmittelbar nach der Bereitung der Streifen stattfand, welches 6—8 Wochen fort dauerte; nach dieser Zeit aber bleibt die Schwärzung sowohl im Dunkeln als im Lichte während vieler Monate unverändert.

In den nachfolgenden Versuchen, welche das Verbleichen der Streifen, unmittelbar nach der Darstellung beweisen, stellen die Zahlen die Intensität dar (vergl. Tabelle II. der früheren Abhandlung), welche dem Mittel von 10 Ablesungen entspricht, die unabhängig von einander an den genannten Tagen gemacht wurden.

Blatt No. 1. Bereitete am 9. December 1863.

	Intensität.		Abnahme in 3 Wochen.
	Erste Ab- lesung 16. Dec. 1863.	Zweite Ab- lesung 7. Jan. 1864.	
Streifen A. Dem Sonnen- lichte ausgesetzt . . .	2,49	2,05	0,44
Streifen B. Im Dunkeln aufbewahrt	2,49	2,01	0,48

Blatt No. 2. Bereitete am 9. December 1863.

Streifen A. Dem Sonnen- lichte ausgesetzt . . .	2,21	1,86	0,35
Streifen B. Im Dunkeln aufbewahrt	2,21	2,03	0,18.

Diese Zahlen zeigen, daß das Verbleichen nicht durch Einwirkung des Lichtes verursacht wird, da eine gleiche Veränderung im Dunkeln vor sich geht.

Die folgenden Versuche zeigen, daß nach Verlauf von

einigen Wochen das Verbleichen aufhört und die Schwärzung sich gleich bleibt.

Blatt No. 3. Bereitet am 21. September 1863.

	Intensität bestimmt an folgenden Tagen			
	10. Dec. 1863.	18. Dec. 1863.	11. Jan. 1864.	4. Febr. 1864.
Streifen A. Dem Lichte				
ausgesetzt	1,40	1,40	1,38	1,36
Streifen B. Im Dunkeln				
aufbewahrt	1,38	1,37	1,39	1,35

Blatt No. 4. Bereitet am 21. September 1863.

Streifen A. Dem Lichte				
ausgesetzt	1,45	1,39	1,39	1,38
	1,43	1,43	1,45	1,46

Folgende Zahlen mögen noch dazu dienen, zu zeigen, dafs anfangs ein Verbleichen eintritt und dafs nach einiger Zeit dann die Schwärzung permanent bleibt; das Papier wurde am 10. März 1862 dargestellt; Streifen A dem Sonnenlichte ausgesetzt, Streifen B im Dunkeln aufgehoben.

Blatt No. 5.

	Intensität bestimmt an folgenden Tagen					
	1864. März 12.	März 21.	April 27.	Mai 11.	Juni 3.	Juli 18.
Streifen A	2,08	2,13	1,93	1,99	2,03	1,89
„ B	2,10	2,13	1,93	1,93	1,89	1,89

Blatt No. 6.

Streifen A	2,23	2,23	2,13	2,15	2,15	2,10
„ B	2,23	2,23	1,99	1,99	2,08	1,97

Blatt No. 7.

Streifen A	2,35	2,42	2,08	2,18	2,13	2,01
„ B	2,35	2,54	2,01	2,03	2,08	2,03

Die kleinen Differenzen, die sich in einigen Fällen zeigen, rühren von verschiedenen unvermeidlichen Versuchsfehlern her.

II. Graduirung der fixirten Streifen.

Der Werth der hier vorgeschlagenen Messungsmethode beruht ganz und gar auf der Graduirung der fixirten Streifen, d. h. der Möglichkeit, die Intensität der Schwärzung auf den fixirten Streifen genau in Zahlenwerthen der unfixirten Normalstreifen ausdrücken zu können. Zwei Methoden wurden angewendet, um diese Graduirung auszuführen und zugleich die Uebereinstimmung der Graduirung eines Streifens mit der eines andern zu zeigen.

Zufolge der ersten Methode wurden die Intensitäten der Schwärzen auf dem unfixirten und dem fixirten Streifen direct verglichen, indem man die Punkte auf beiden Streifen, deren Schwärzung gleich war, bestimmte. Zu diesem Zwecke wurde zuerst die Lage des Punktes auf dem unfixirten Streifen, der Normalschwärzung zeigte, genau festgestellt und in Abständen von je 20 Millimeter kreisrunde Scheibchen von 5 Millimeter Durchmesser mittelst eines Locheisens ausgeschlagen; dieselben in der Mitte durchschnitten und der so erhaltene Halbkreis auf das Loch der kleinen Holzplatte (Fig. 4 Tafel VII in früherer Abh.) geklebt, so daß der Mittelpunkt des Papierscheibchens in den Mittelpunkt der Oeffnung kam, und dann der Punkt gleicher Schwärzung auf dem mit Millimeterscala versehenen fixirten Streifen in der damals beschriebenen Weise genau bestimmt, indem jede Vergleichung 10 Mal unabhängig von je zwei Beobachtern ausgeführt und das Mittel daraus als Ergebniss angenommen wurde. Zu jeder Calibration eines fixirten Streifens wurden mehrere unfixirte Streifen verwandt; die Resultate einer solchen Graduirung sind nachstehend aufgeführt.

Graduirung des fixirten Streifens A.

Punkt der Normalschwärzung auf dem unfixirten Streifen Nr. 1 = 85 Millimeter, wofür sich aus Tabelle I. die Constante $\frac{1}{0,75}$ ergibt.

Punkte auf dem unfixirten Streifen	Intensität	entsprechende Punkte auf den fixirten Streifen
20 Millim.	1,427	67,4 Millim.
40	1,283	79,4
60	1,154	83,0
80	1,031	91,6
100	0,910	94,5
120	0,784	119,8
140	0,650	121,6

In derselben Weise wurden die Constanten für drei andere nicht fixirte Streifen bestimmt; dieselben waren:

für Streifen No. 2	$\frac{1}{0,431}$
„ „ No. 3	$\frac{1}{0,607}$
„ „ No. 4	$\frac{1}{0,508}$

Durch Vergleichung dieser drei Streifen mit dem unfixirten Streifen A wurden folgende Zahlen erhalten.

Columnne I. giebt die Ablesung auf der Millimeterscala des fixirten Streifens, Columnne II. die entsprechenden Intensitäten, welche im vorhergehenden Beispiel berechnet wurden.

No. 2.		No. 3.		No. 4.	
I.	II.	I.	II.	I.	II.
26,0	2,12	49,9	1,76	34,6	2,10
35,3	1,90	60,0	1,59	40,4	1,89
55,5	1,69	70,5	1,43	53,5	1,70
72,6	1,47	81,5	1,27	64,8	1,52
80,1	1,25	92,4	1,12	82,5	1,16
90,5	1,00	103,0	0,97	93,0	0,96
		121,4	0,80	123,6	0,72
		131,5	0,61		

Um das Mittel aus diesen Zahlen zu erhalten, wurde für jede Graduation eine Curve construirt, indem die Ablesungen in Millimetern auf dem fixirten Streifen als Abscissen und die denselben entsprechenden Intensitäten als Ordinaten aufgetragen wurden, und daraus eine Mittel-

curve interpolirt, die so nahe als möglich zwischen den einzelnen aus den Versuchen sich ergebenden Punkten lag. Aus dieser Interpolationscurve wurde die Intensität für ein jedes Millimeter des fixirten Streifens berechnet; diese Werthe sind für eine Entfernung von je 10 Millimeter in folgender Tabelle enthalten. Columne I. giebt die Entfernung in Millimetern, Columne II. die entsprechende Intensität, Columne III. den mittlern Versuchsfehler.

I.	II.	III.	I.	II.	III.
20	2,30	0,100	70	1,47	0,022
30	2,10	0,090	80	1,28	0,010
40	1,90	0,020	90	1,07	0,045
50	1,76	0,016	100	1,916	0,053
60	1,62	0,013	110	0,830	0,056
			120	0,755	0,050

Wenn man diese verschiedenen Graduirungscurven mit einander vergleicht, so wird man finden, daß diese Bestimmungen untereinander so gut stimmen, als man nur von solchen photometrischen Versuchen erwarten kann; der mittlere Versuchsfehler zwischen den Lagen 40 Millimeter und 80 Millimeter beträgt noch nicht 1 Procent der gemessenen Intensität.

Nach der zweiten Graduirungsmethode werden Stückchen eines fixirten Streifens, deren Schwärzen untereinander sehr verschieden sind, ausgepflanzt, der Werth dieser Blättchen mittelst mehrerer unfixirter Streifen, auf welchen die Punkte, die Normalschwärze besitzen, bekannt sind, genau bestimmt. Diese so erhaltenen fixirten Blättchen dienen nun zur Graduirung fixirter Streifen, indem auf denselben die Punkte, welche gleiche Schwärzung mit diesen fixirten Blättchen haben, ermittelt werden.

Obgleich diese Methode eine indirecte ist, so ist sie dennoch der ersten vorzuziehen, indem die Intensität der verschiedenen fixirten Blättchen sich durch wiederholte Ablesungen sehr genau feststellen läßt, dieselben während längerer Zeit, ohne Veränderung zu erleiden, sich aufbe-

wahren lassen und so zur Graduirung einer größeren Zahl fixirter Streifen dienen können, deren Darstellung also nicht wie im ersten Falle vom Zustande des Wetters abhängt.

Die folgenden Zahlen mögen als Beispiel für diese Methode hier angeführt werden.

Bestimmung des Werths fixirter Blättchen mit Hilfe von unfixirten Streifen.

Ablesungen der Normal- schwärze auf den nicht fixirten Streifen		Lage des Punktes auf den nicht fixirten Strei- fen, der gleiche Schwärzung besitzt mit fünf fixirten Blättchen				
	mm	No. I.	No. II.	No. III.	No. IV.	No. V.
No. 1	153,2	40,3	90,4	115,7		
» 2	82,0	—	—	29,7	108,7	—
» 3	131,1	5,0	50,2	91,0	159,5	—
» 4	136,6	—	67,2	100,7	—	—
» 5	105,7	—	25,4	66,1	—	—
» 6	17,5	—	—	—	50,5	125,8
» 7	121,6	—	—	99,0	—	—
» 8	19,2	—	—	—	51,2	120,6
» 9	51,9	—	—	—	93,0	150,0
» 10	131,6	15,7	50,1	98,4	—	—
» 11	119,4	24,5	52,3	89,3	145,5	—
» 12	98,0	—	22,6	51,7	134,0	—

Aus diesen Zahlen erhält man die Intensität eines jeden fixirten Blättchens, indem man die Zahlen in Columnne II. auf der Tabelle I., die den Millimeter-Ablesungen der fixirten Blättchen gegenüberstehen, dividirt durch die Zahl in Columnne II., welche den Millimeter-Ablesungen der Normal-schwärze auf dem betreffenden unfixirten Streifen gegenüberstehen.

Intensität der fixirten Blättchen

abgelesen auf den unfixirten Streifen	No. I.	No. II.	No. III.	No. IV.	No. V
No. 1	2,336	1,767	1,480		
» 2	—	—	1,328	0,840	—
» 3	2,185	1,709	1,356	0,698	—
» 4	—	1,647	1,346	—	—
» 5	—	1,585	1,276	—	—
» 6	—	—	—	0,891	0,515
» 7	—	—	1,182	—	—
» 8	—	—	—	0,838	0,544
» 9	—	—	—	0,794	0,473
» 10	2,067	1,689	1,289	—	—
» 11	1,768	1,524	1,235	0,713	—
» 12	—	1,548	1,317	0,755	—
Im Mittel	2,089	1,638	1,311	0,798	0,511

2. Graduirung zweier fixirter Streifen B und C mittelst der fixirten Blättchen.

Fixirte Blättchen	Ablesungen		Entsprechende Intensität
	auf fixirtem Streifen B	auf fixirtem Streifen C	
No. I.	20,2 ^{mm}	27,7 ^{mm}	2,089
No. II.	38,8	42,8	1,638
No. III.	67,3	71,7	1,321
No. IV.	105,1	100,6	0,798
No. V.	129,0	122,6	0,512
Normalschwärze	96,0	97,5	1,000

Aus diesen Zahlen erhält man die Intensitätstabellen für diese zwei fixirten Streifen, durch sorgfältige graphische Interpolation. Zur Controle der Genauigkeit der Graduirung wird die Lage der Normalschwärze (Intensität = 1,00) auf jedem Streifen besonders abgelesen.

Dieselben fixirten Blättchen wurden mit frischen unfixirten Streifen verglichen und aus diesen Beobachtungen

folgende Ablesungen auf den zwei fixirten Streifen *B* und *C* erhalten; die so gefundenen Intensitäten der fixirten Blättchen sind in der dritten Columnne aufgeführt; außerdem ist ein neues Blättchen No. III *a* eingeführt, dessen Schwärzungen zwischen denen von III. und IV. liegt.

Fixirte Blättchen	Ablesungen		Entsprechende Intensität
	I	II.	
	auf Streifen <i>B</i>	auf Streifen <i>C</i>	
No. I.	20,2	27,7	1,955
No. II.	38,8	42,8	1,597
No. III.	67,3	71,7	1,291
No. III <i>a</i>	82,1	82,3	1,123
No. IV.	105,1	100,6	0,807
No. V.	129,0	122,6	0,547
Normalschwärze	96,0	97,5	1,000

Folgende Intensitätstabellen für die Streifen *B* und *C* wurden durch graphische Interpolation obiger Bestimmungen erhalten; dieselben wurden in den unten beschriebenen Beobachtungen der täglichen chemischen Intensität benutzt. Columnne I. enthält die Ablesungen auf der Millimeterscala und Columnne II. die entsprechenden Intensitäten.

Tabelle für Streifen *B*.

I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
20	2,02	31	1,79	42	1,59	53	1,46
21	2,00	32	1,77	43	1,57	54	1,45
22	1,98	33	1,75	44	1,56	55	1,44
23	1,96	34	1,72	45	1,55	56	1,42
24	1,94	35	1,70	46	1,54	57	1,41
25	1,92	36	1,68	47	1,53	58	1,41
26	1,89	37	1,66	48	1,52	59	1,39
27	1,87	38	1,64	49	1,51	60	1,38
28	1,85	39	1,62	50	1,49	61	1,37
29	1,83	40	1,61	51	1,48	62	1,36
30	1,81	41	1,60	52	1,47	63	1,35

I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
64	1,33	81	1,15	98	0,96	115	0,68
65	1,32	82	1,14	99	0,93	116	0,67
66	1,31	83	1,13	100	0,91	117	0,66
67	1,30	84	1,12	101	0,89	118	0,65
68	1,29	85	1,11	102	0,87	119	0,64
69	1,28	86	1,10	103	0,84	120	0,63
70	1,27	87	1,09	104	0,82	121	0,62
71	1,26	88	1,08	105	0,80	122	0,61
72	1,25	89	1,07	106	0,79	123	0,59
73	1,24	90	1,06	107	0,78	124	0,58
74	1,23	91	1,05	108	0,79	125	0,57
75	1,21	92	1,04	109	0,75	126	0,56
76	1,20	93	1,03	110	0,74	127	0,55
77	1,19	94	1,02	111	0,73	128	0,54
78	1,18	95	1,01	112	0,72	129	0,53
79	1,17	96	1,00	113	0,71	130	
80	1,16	97	0,98	114	0,69		

Tabelle für Streifen C.

I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
28	2,02	54	1,49	80	1,16	106	0,73
29	1,99	55	1,48	81	1,15	107	0,72
30	1,96	56	1,47	82	1,13	108	0,70
31	1,93	57	1,46	83	1,12	109	0,69
32	1,91	58	1,45	84	1,11	110	0,68
33	1,88	59	1,44	85	1,10	111	0,67
34	1,85	60	1,43	86	1,10	112	0,65
35	1,83	61	1,42	87	1,09	113	0,64
36	1,80	62	1,41	88	1,08	114	0,63
37	1,77	63	1,40	89	1,08	115	0,62
38	1,74	64	1,38	90	1,07	116	0,60
39	1,72	65	1,37	91	1,06	117	0,59
40	1,69	66	1,36	92	1,05	118	0,58
41	1,66	67	1,35	93	1,05	119	0,57
42	1,64	68	1,34	94	1,04	120	0,55
43	1,61	69	1,33	95	1,03	121	0,54
44	1,60	70	1,32	96	1,02	122	0,53
45	1,59	71	1,31	97	1,01	123	0,52
46	1,58	72	1,30	98	0,99	124	
47	1,57	73	1,28	99	0,93	125	
48	1,56	74	1,27	100	0,86	126	
49	1,55	75	1,25	101	0,79	127	
50	1,54	76	1,23	102	0,78	128	
51	1,53	77	1,21	103	0,77	129	
52	1,52	78	1,20	104	0,75	130	
53	1,50	79	1,18	105	0,74		

III. Methode der Insolation und Ablesung.

Ein Stück photographisches Normalpapier von 100 Millimeter Länge und 10 Millimeter Breite wird auf die Rückseite eines *Insolationsbandes* (Fig. 1 Tafel V) mit Gummi in der Lage aufgeklebt, wie es die punktirten Linien in der Zeichnung andeuten, so also, daß die neun Löcher jedes von 5 Millimeter Durchmesser, die sich auf dem Insolationsbande in einer Entfernung von je 10 Millimeter befinden, je zur Hälfte durch das sensitive Papier bedeckt sind. Diese Insolationsbänder werden aus steifem weißen Papier ausgeschnitten vermittelst eines 400 Millimeter langen und 35 Millimeter breiten eisernen Lineals, und dann die neun Oeffnungen mit einem Locheisen, das in die neun entsprechenden Oeffnungen im Lineal paßt, ausgestampft, diese Oeffnungen sind nummerirt und diese Zahlen wiederholen sich auf dem Bande in einer Entfernung von 87 Millimeter von jedem Loche.

Der Insolationsapparat (Fig. 2 Taf. V) besteht aus einer engen Messinglade (A) von 174 Millimeter Länge und 40 Millimeter Breite, offen an den zwei kürzeren Seiten und gerade so weit, daß das Papierband (B) leicht hindurchgesteckt werden kann. Eine kreisförmige Oeffnung (C) von 10 Millimeter Durchmesser ist in der Mitte des oberen Bodens eingeschnitten und die Zahlen auf dem Bande sind so angeordnet, daß wenn die Linie No. 1 auf dem Band, genau an dem einen Ende des Apparats sich befindet, der Mittelpunkt der Oeffnung No. 1 auf dem Bande genau im Mittelpunkt der Oeffnung des Apparates liegt. Ein dünner Messingstreifen (E) bewegt sich mit Leichtigkeit über dem oberen Boden und schützt das sensitive Papier vollständig vor der Wirkung des Lichtes, wenn es sich in der Lage befindet, wie es die punktirten Linien auf der Zeichnung andeuten. Dieser Deckel kann vermittelst eines auf der Rückseite des Apparates angebrachten Knopfes leicht bewegt werden; es ist jedoch in den meisten Fällen bequemer, den Apparat auf den Träger (G) zu setzen, an dem ein Hebelarm (F) angebracht ist, der sich an den

Knopf anpaßt und es dem Beobachter ermöglicht, die Oeffnung leicht und genauer zu verschließen oder zu öffnen.

Wenn die Intensität des Lichtes so groß ist, daß die Insolation nur einen Zeitraum von 2—3 Sekunden einnimmt, so wird der Fehler, den das Oeffnen und Schließen der Oeffnung hervorbringt, beträchtlich. Um deshalb in solchem Falle durch längere Dauer der Insolation diesen Fehler zu verkleinern, wird die Intensität des Lichtes in einem bestimmten Verhältniß vermindert, indem eine kreisförmige geschwärzte Metallscheibe (Fig. 3), aus der zwei Segmente geschnitten sind, deren jedes $\frac{1}{2}$ der Oberfläche beträgt, und deren Axe in das Zapfenlager 5 Fig. 2 des Trägers paßt, über der Oeffnung des Apparates in schnelle Rotation versetzt. Da die Drehungsgeschwindigkeit keinen Einfluß auf das Resultat ausübt, so wird die Scheibe einfach dadurch in Bewegung versetzt, daß man die Axe mit der Hand zum Rotiren bringt.

Damit das Insulationsband sich dicht an den unteren Rand der Oeffnung *C* anlege, wird ein Stück steifes Papier, auf dem mehrere Lagen Papier an der Stelle der Oeffnung aufgeklebt sind, untergelegt und die Enden desselben auf der Rückseite des Apparates befestigt.

Um den Zeitpunkt, wenn das Papier hinlänglich insolirt ist, genauer zu finden, wird ein Stückchen fixirtes Papier von der richtigen Schwärzung auf die Oberfläche des festen Papiers unter der Oeffnung *C* aufgeklebt.

Nachdem eine Beobachtung beendet ist und man den Zeitpunkt und die Dauer der Insolation notirt hat, können die übrigen Theile des Normalpapiers zu einer beliebigen Zeit gerade so insolirt werden, indem man sie unter die Oeffnung *C* bringt.

Sind so nach und nach die neun Oeffnungen des Streifens dem Lichte ausgesetzt gewesen, so kann man den Streifen herausnehmen und einen neuen einführen, ohne daß man nöthig hätte, den Apparat in ein verdunkeltes Zimmer zu bringen. Es geschieht dieß mit Hülfe eines

kleinen an beiden Enden offenen Sackes oder Aermels von schwarzer Seide, den man über das eine Ende des Apparates streift und mit einem Kaoutschoukringe befestigt. Man bringt dann die Hand in's offene Ende ein, zieht den Streifen heraus, wobei man ihn aufrollt und bis zur Ablesung aufbewahrt. Der neue Streifen wird aufgerollt in den seidenen Sack eingeführt, dort entrollt und in die Lade geschoben.

Das Instrument, das zu den Ablesungen benutzt wird, ist in Fig. 4 Taf. V dargestellt und besteht aus einer Messingtrommel (*M*) von 60 Millimeter Durchmesser und 37 Millimeter Breite, auf dessen Cylinderfläche ein Stück steifes weißes Papier befestigt ist, worauf der fixirte Streifen geklebt wird. Der Rand des Cylinders ist in Millimeter getheilt und das dunkle Ende des fixirten Streifens trifft mit dem Anfange dieser Scala zusammen. Die Trommel dreht sich auf einer festen horizontalen Axe, welche an eine verticale kreisförmige Scheibe (*N*) befestigt ist. Trommel und Scheibe sind auf einem Pfeiler mit Fuß (*P*) befestigt.

Das Insulationsband wird mit Hülfe zweier Schraubenklemmen gegen den graduirten Streifen gepresst; die Klemmen sind 133 Millimeter von einander entfernt auf der verticalen Scheibe (*N*) befestigt. Dreht man die Trommel um ihre Achse, so passiren die verschiedenen Schwärzungen des Streifens jedes der Löcher des Insulationsbandes und man kann beim Lichte der Natronflamme die Lage der Punkte auf dem Streifen, welche gleiche Schwärzung mit jedem der insolirten Blättchen besitzen, leicht feststellen. Die Linse (*R*), welche an dem Messingpfeiler des Instruments befestigt ist, dient zur Concentration des Lichtes der Flamme auf der kleinen Oberfläche, die untersucht wird. Hat man Gas zur Verfügung, so erhält man das monochromatische Licht einfach dadurch, daß man zwei an feinen Platindräthen angeschmolzene Perlen von kohlensaurem Natron in die farblose Flamme eines Bunsen'schen Brenners bringt; steht Gas nicht zu Gebote, so bedient man sich

ein
Ko
Ko
gem
Res

stim
8. J
Beo

Zustand

Intensität

Mit-

Dauer

einer Weingeistlampe; den Weingeist sättigt man mit Kochsalz und bringt außerdem Perlen von leicht flüchtigem Kochsalz in die Flamme. Jede Ablesung wird 10 Mal gemacht und das Mittel dieser zehn Ablesungen wird als Resultat benutzt.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate einer Bestimmung der chemischen Wirkung des Tageslichtes am 8. Juli 1864 und mag als Beispiel der Einzelheiten solcher Beobachtungen dienen.

Sonnenzeit	Dauer der Insolation	Mittlere Ablesung	Intensität		Zustand der Sonnenscheibe	Volumenmenge	Barometer	Temperatur	
			Ans. Tabelle	be-rechnet				trockne Kugel	feuchte Kugel
T	n	R	$\frac{B}{J}$	$\frac{J}{n}$				° C.	° C.
Morgens	18 ^h	98 ^{mm}	1,00	0,055	Ueberwölkt	8	765,1	18,6	13,9
7 50	15	93	1,03	0,068	Wolken	7			
8 25	12	90	1,06	0,089	"	9			
9 0	10	76	1,20	0,12	"	—			
9 30	10	75	1,21	0,12	"	—			
10 30	10	64	1,33	0,13	"	10			
11 0	10	76	1,20	0,12	Ueberwölkt	—			
11 30	10	67	1,30	0,13	"	—			
12 0	10	86	1,10	0,11	"	—			
Nachmittag	6	107	0,78	0,13	Licht bewölkt	9		18,7	13,3
1 10	8	73	1,24	0,15	"	7		19,3	13,5
1 40	5	105	0,80	0,16	"	—			
2 15	4	93	1,03	0,26	Unbewölkt	4		19,3	13,7
3 0	4	80	1,16	0,29	"	3		19,7	13,9
3 30	21 ¹⁾	99	0,93	0,26	"	—		20,0	14,4
4 0	5	86	1,10	0,22	"	—			
4 30	8	76	1,20	0,15	"	—		21,1	14,4
5 0	11	66	1,31	0,12	"	—			
6 10	60	110	0,66	0,011	"	—			

1) mit rotirender Scheibe.

IV. Untersuchungen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Methode.

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der hier beschriebenen Methode wird am genügendsten dadurch erprobt, daß man die Messung der chemischen Wirkung des gesamten Tageslichtes an demselben Platze gleichzeitig, aber von einander unabhängig, mit dem älteren Pendelapparate und dem neuen Instrument vornimmt. Zwei solcher Versuchsreihen wurden an vier verschiedenen Tagen auf dem Dache des Laboratoriums von Owens College, wo man einen ziemlich freien Horizont hat, ausgeführt, wobei die zwei Instrumente so viel als möglich dicht neben einander aufgestellt wurden. Die Resultate dieser gleichzeitigen Versuche giebt folgende Tabelle, und ein Blick auf die Zahlen derselben zeigt, daß die Intensitäten, welche nach den beiden Methoden erhalten wurden, so gut übereinstimmen, als man erwarten kann.

Gleichzeitige Beobachtungen mit Pendelapparat und neuem Photometer.

Zeit	Intensität		Unterschied
	Pendelphotometer	Neues Instrument	
29. April 1864.			
Vormittag			
9 ^h 30 ^m	0,210	0,180	— 0,030
10 0	0,160	0,160	0,000
11 0	0,073	0,083	+ 0,010
11 5	0,064	0,078	+ 0,014
Nachmittag			
12 30	0,200	0,210	— 0,010
12 32	0,210	0,220	+ 0,010
1 30	0,068	{0,072} {0,056}	0,064 — 0,040
2 0	0,105	0,105	— 0,000
2 30	0,124	{0,133} {0,133}	+ 0,009
3 0	0,136	0,144	+ 0,008
3 15	0,117	0,114	— 0,003
3 30	0,157	0,182	+ 0,025

Zeit	Intensität		Unterschied
	Pendelphotometer	Neues Instrument	

10. Mai 1864.

Vormittag			
9h 0m	0,093	0,079 0,085	— 0,014
10 0	0,100	0,110	+ 0,010
11 15	0,130	0,150	+ 0,020
Nachmittag			
12 30	0,220	0,250	+ 0,030
1 0	0,100	0,099 0,102	0,000
2 30	0,105	0,109 0,096	— 0,003
2 33	0,115	0,116	+ 0,001
4 30	0,0125	0,0106	— 0,002

8. Juni 1864.

Vormittag			
10h 40m	0,229	0,203	— 0,026
10 42	0,232	0,226 0,238	+ 0,001
11 25	0,218	0,207	— 0,011
11 27	0,225	0,217	— 0,008
Nachmittag			
1 33	0,205	0,231	+ 0,026
2 15	0,218	0,230	+ 0,012
2 17	0,224	0,233	+ 0,009
3 20	0,072	0,064	— 0,010
3 22	0,077	0,068	— 0,009
4 0	0,039	0,048	+ 0,009
4 3	0,031	0,036	+ 0,005

16. Juli 1864.

Vormittag			
9h 50m	—	0,24	—
10 25	—	0,16	—
		0,18	
10 40	0,19 0,19	0,20 0,17 0,21	0,00
11 45	0,21 0,17	0,19 0,17	— 0,02
Nachmittag			
	0,18	0,205 0,17	+ 0,02
12 45	0,14 0,13	0,14 0,11 0,17	+ 0,012

Zeit	Intensität		Unterschied
	Pendelphotometer	Neues Instrument	
Nachmittag			
1 ^h 30 ^m	0,15 } 0,14 } 0,145	0,12 } 0,12 } 0,12	— 0,025
2 21	0,14 } 0,13 } 0,13 } 0,127	0,17 } 0,15 } 0,14 } 0,135	+ 0,02
2 46	0,13 } 0,12 } 0,13 }	0,14 } 0,14 } 0,14 }	+ 0,008

Die Resultate der drei ersten Tage sind durch die Curven 1, 2 und 3 Taf. VI graphisch dargestellt. Ein Blick darauf zeigt, wie nahe die nach beiden Methoden angestellten Messungen übereinstimmen.

Die vollen Linien bedeuten die mit dem Pendelapparat gefundenen Intensitäten, während die mit dem neuen Instrumente erhaltenen, durch die punktierten Linien dargestellt sind. Die Gesammtmenge der an den genannten Tagen beobachteten Lichtwirkung wird durch folgende Zahlen repräsentirt; die Erklärung derselben wird weiter unten gegeben.

Mittlere tägliche chemische Intensität.			
		Pendelapparat.	Neues Photometer.
Fig. 1.	29. April 1864.	62,0	62,3
Fig. 2.	10. Mai 1864.	41,3	43,3
Fig. 3.	8. Juni 1864.	64,7	65,3

Zur weiteren Prüfung der Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit der Methode wurden gleichzeitig an demselben Platze Reihen von Beobachtungen mit zwei der neuen Instrumente ausgeführt. Die Messungen wurden vermittelt der fixirten Streifen B und C gemacht; alle Beobachtungen geschahen ganz unabhängig von einander, so daß die Resultate ein Maass der Genauigkeit abgeben, mit der praktische Messungen ausgeführt werden können.

Gleichzeitige Beobachtungen mit zwei der neuen Instrumente von
zwei Beobachtern, unabhängig von einander, angeführt.

Juli 11. 1864. Sonnen- zeit	Chemische Intensität		Juli 15. 1864. Sonnen- zeit	Chemische Intensität	
	Instrument No. 1. (Streifen B)	Instrument No. 2. (Streifen C)		Instrument No. 1. (Streifen B)	Instrument No. 2. (Streifen C)
Vormittag			Vormittag		
10 ^h 30 ^m	0,16	0,14	10 ^h 30 ^m	0,16	0,17
» »	0,14	0,14	10 »	0,19	0,19
» 31	0,14	0,15	11 0	0,049	0,046
» »	0,12	0,13	» 1	0,049	0,046
» 32	0,13	0,11	11 35	0,12	0,12
» »	0,15	0,12	» »	0,12	0,12
» 33	0,14	0,12	» 36	0,12	0,13
11 0	0,13	0,12	» »	0,11	0,11
12 0	0,31	0,27	Nachmittag		
Nachmittag			12 30	0,13	0,10
12 30	0,31	0,29	» »	0,13	0,12
» 31	0,38	0,37	» »	0,14	0,13
» 32	0,33	0,31	» »	0,14	0,12
» 33	0,35	0,32	1 0	0,17	0,17
1 5	0,13	0,13	» »	0,18	0,18
2 0	0,27	0,25	2 30	0,057	0,060
» »	0,27	0,25	» »	0,068	0,070
3 10	0,24	0,23	3 30	0,059	0,057
» 11	0,21	0,24	» »	0,067	0,062
» 12	0,18	0,23	» 31	0,063	0,045
» 13	0,17	0,18	4 20	0,028	0,025
» 40	0,24	0,23	» »	0,028	0,025
» 41	0,14	0,15	» »	0,032	0,028
4 0	0,21	0,20			
» 30	0,11	0,13			
» »	0,14	0,14			
» 31	0,14	0,15			
» »	0,15	0,14			
» 32	0,16	0,14			

Fig. 4 und 5 Taf. VI geben die Tagescurve für die so gefundene chemische Intensität. Die nahe Uebereinstimmung der zwei Curven für einen jeden Tag zeigt, daß die Fehler, welche in der Graduirung, Insolation und Ablesung vorkommen, keinen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit der Messungen haben; so wurde die mittlere chemische Intensität am 15. Juli gleich 42,0 und 41,7 und am 11. Juli gleich 74,3 und 70,0 gefunden.

Anwendung der Methode zu meteorologischen Beobachtungen.

Folgende Bestimmungen der wechselnden Intensität der chemischen Wirkung des gesammten Tageslichtes in Manchester, welche an einigen 40 Tagen zu den verschiedensten Jahreszeiten ausgeführt wurden, zeigen 1) dafs solche regelmässige tägliche Messungen sich ohne Schwierigkeit ausführen lassen und 2) enthalten dieselben schon einige der merkwürdigen Resultate, zu welchen eine weiter ausgeführte Reihe solcher Beobachtungen führen mufs.

Mit wenig Ausnahmen, welche besonders erwähnt sind, wurden die Versuche auf dem Dache des Laboratoriums von Owens College ausgeführt. In der Regel wurde jede halbe Stunde eine Beobachtung gemacht; häufig jedoch wurden entweder zur Controlle der Messungen oder um die grossen Veränderungen in der Intensität zu beobachten, welche eintreten, wenn die Sonne hinter Wolken verschwindet oder aus denselben hervortritt, die Beobachtungen in Zwischenräumen von wenig Minuten oder auch Sekunden wiederholt. Bei gleichförmig bedecktem Himmel oder wenn sonst kein bedeutender Wechsel im Lichte stattfand, wurden die Beobachtungen manchmal nur von Stunde zu Stunde gemacht. An den meisten Tagen wurden Barometerstand, Temperatur und atmosphärische Feuchtigkeit beobachtet, sowie der Zustand der Sonnenscheibe und die Wolkenmenge aufgezeichnet. Die Resultate der Beobachtungen, welche sich von August 1863 bis September 1864 erstrecken, sind in einer Tabelle am Ende dieses Aufsatzes zusammengestellt. Einige derselben sind durch die Curven (Fig. 6 — 19 Taf. VI. einschliesslich) graphisch dargestellt. Die Abscissen stellen die Tagesstunde (Sonnenzeit) und die Ordinaten die entsprechende Intensität dar.

Messungen, welche während beinahe eines ganzen Monats (vom 16. Juni 1864 bis 9. Juli 1864) täglich gemacht wurden, zeigten, dafs wenn alle Vorbereitungen gemacht sind, solche Beobachtungen nur einen kleinen Theil der Aufmerksamkeit und Zeit eines Beobachters erfordern. Die Ergebnisse dieser Beobachtungsreihe zeigen die grosse Ver-

schiedenheit, welche in der chemischen Intensität von aufeinanderfolgenden Tagen stattfindet; z. B. am 27. und 28. Juni und am 29. und 30. Juni. Bei Vergleichung mit den Tabellen findet man, daß die Größe der chemischen Wirkung fast immer der Menge der Wolken oder dem Sonnenschein entspricht. Die Ausdrücke unbewölkt, leicht bewölkt u. s. w. beziehen sich nur auf die Sonnenscheibe und nicht auf das Himmelsgewölbe.

Die unregelmäßigen Veränderungen in der chemischen Wirkung, die an Tagen beobachtet wurden, wo die Sonne ununterbrochen schien, sind hauptsächlich der Veränderung in der Menge von Wolken zuzuschreiben, welche während der Beobachtung sich am Himmel zeigten. In einigen Fällen jedoch trat eine beträchtliche und plötzliche Veränderung ein, ohne daß das Auge einen Unterschied in der Lichtmenge bemerken konnte, wie am 26. September 1864, wo der ganze Himmel den Tag über unbewölkt erschien; um 9 Uhr 25 Minuten war die chemische Intensität 0,13 und um 10, wo die Sonne augenscheinlich gleich hell schien, sank die Intensität auf 0,07 und blieb während einer halben Stunde so niedrig und stieg erst um 11 Uhr wieder auf 0,11. Daß diese Abnahme in der chemischen Wirkung wohl von suspendirten Wassertheilchen oder dem Auge unbemerklichen Nebel herrührt, erscheint wahrscheinlich aus der mächtig absorbirenden Wirkung, den ein leichter Nebel auf die chemischen Strahlen ausübt. Am 18. März 1864 um 8 Uhr Vormittags bedeckte ein leichter Nebelschleier die Sonne; die Intensität war nur 0,0026 oder 25 Mal geringer als sie es bei normaler Wirkung eines heitern Himmels für Tag und Zeit sein sollte. Es wird kaum nöthig seyn, hinzuzufügen, daß bei dieser Gelegenheit, die dem Auge sichtbare Lichtverminderung nur klein und in gar keinem Verhältniß zu der Abnahme der chemischen Intensität stand. Die zwei folgenden Beobachtungsreihen zeigen ebenfalls deutlich das große Absorptionsvermögen des Nebels für chemische Strahlen.

27. Sept. 1864.

Heiterer Himmel.

Zeit.	Intensität.
10 ^h a. m.	0,13
10 30'	0,17
11	0,18
11 30	0,13
12 40 p. m.	0,16
1 10	0,13
1 40	0,17
2 10	0,14

28. Sept. 1864.

Sonne mit einem Nebelschleier bedeckt.

Zeit.	Intensität.
10 ^h a. m.	0,016
10 30'	0,039
11	0,053
11 30	0,075
12	0,042
12 45 p. m.	0,056
1	0,053
1 30	0,010
2 15	0,012

Nebelig

Nebel ver-

schwindet

allmählich

und Sonne

blickt durch

Sonnenschein

Um aus einer Reihe von Messungen während eines Tages die mittlere tägliche chemische Intensität zu erhalten, wurde eine einfache praktische Integrationsmethode angewendet. Die Curven wurden auf steifes, sehr gleichförmiges Papier gezeichnet, ausgeschnitten und das Gewicht des Stückes Papier, das zwischen Curve und Basis liegt, bestimmt. Zwischen je 4 oder 5 Curven wurde ein Stück von bestimmter Gröfse ausgeschnitten, um Veränderungen im Gewicht, die in Ungleichförmigkeit des Papiers ihren Grund haben, zu ermitteln und danach nothwendige Correcturen anzubringen.

Die Werthe für die mittlere chemische Intensität, welche auf diese Weise gefunden wurden, sind für eine Reihe von Tagen in nachstehender Tabelle enthalten. Als Maafstab ist die gleichförmige Wirkung des Lichtes von der Intensität 1, während 24 Stunden = 1000 angenommen.

Mittlere tägliche chemische Intensitäten in Manchester 1863 u. 1864.

Datum	Intensität	Datum	Intensität	Datum	Intensität	Datum	Intensität
1863.		1864.		1864.		1864.	
Aug. 26	40,5	März 19	36,8	Juni 25	83,0	Juli 7	39,1
Aug. 27	29,8	April 19	78,6	Juni 27	83,0	Juli 8	72,2
Sept. 4	41,8	April 20	85,3	Juni 28	26,6	Juli 9	83,6
Sept. 16	30,8	Juni 16	100,7	Juni 29	26,7	Juli 26	48,8
Sept. 23	12,4	Juni 17	47,2	Juni 30	64,4		
Sept. 24	18,7	Juni 18	118,7	Juli 1	61,5		
Sept. 25	18,1	Juni 20	50,9	Juli 2	19,1		
Sept. 28	29,1	Juni 21	99,0	Juli 4	51,2		
Dec. 21	3,3	Juni 22	119,0	Juli 5	76,2		
Dec. 22	4,7	Juni 23	81,4	Juli 6	78,9		

Der merkwürdige Unterschied in der chemischen Intensität am 20. und am 22. Juni 1864 zeigt sich sehr deutlich in den Curven Fig. 13 und 14 Taf. VI Die Integrale für diese Tage sind 50,9 und 119,0 oder die chemische Wirkung am 20. verhält sich zu der am 22. wie 1 zu 2,34.

Die chemische Wirkung des Tageslichtes zu Manchester an den Tagen der Winter- und Sommersonnenwende und Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleiche, wird durch die Curven in Fig. 20 Tafel VI dargestellt, welche die Beobachtungen vom 28. September 1863, 22. December 1863, 19. März 1864 und 22. Juni 1864 graphisch darstellen; diese dem verlangten Zeitpunkte naheliegenden Tage wurden ausgewählt, weil an denselben die Sonne am hellsten schien und man deshalb die größte Annäherung an die Maximumwirkung erhielt. Für den kürzesten Tag ist das Integral 4,7; für den längsten 119. Für Frühlings-Tag- und Nachtgleiche 36,8 und für Herbst-Tag- und Nachtgleiche 29,1; oder wird die chemische Wirkung am kürzesten Tage = 1 gesetzt, so ist sie am längsten Tage = 25 und bei Tag- und Nachtgleiche = 7.

Aus den Tabellen sowohl, als aus den Curven Fig. 20 Taf. VI geht ferner hervor, daß die Zunahme in der chemischen Wirkung von December bis März kleiner ist, als von März bis Juni.

Es würde vergebene Mühe seyn, bei der kleinen Anzahl von experimentellen Daten, eine Erklärung über die wahrscheinliche Ursache dieser Verschiedenheit geben zu wollen; doch erscheint es wahrscheinlich, daß die absorbirende Wirkung der Atmosphäre auf die Lichtstrahlen, welche je nach der Jahreszeit einen kürzeren oder längeren Weg durch dieselbe zu durchlaufen haben, nicht die alleinige Ursache dieser Verschiedenheit ist.

Wenn eine regelmäßige Reihe von solchen Beobachtungen der mittleren täglichen Intensität an einem bestimmten Platze ausgeführt wird, so kann man sich mit einer kleineren Versuchszahl begnügen, um eine Durchschnittszahl zu erhalten, welche einer aus einer größeren

Anzahl von Versuchen abgeleiteten ziemlich nahe kommt; besonders wenn man nicht plötzliche Veränderungen in der Intensität registriren will. Wenn z. B. an den folgenden Tagen alle 2 Stunden eine Beobachtung gemacht worden wäre, anstatt jede 15 Minuten, so wären die Mittelzahlen folgende gewesen:

	Fig.	Mittlere chemische Intensität	
		aus 26 Versuchen	aus 6 Versuchen.
1883.			
26. August	12	40,5	43,0
4. Sept.	14	41,8	42,7
1864.			
20. April	24	86,3	96,3.

Als Beispiele gleichzeitiger Bestimmungen an verschiedenen Orten führe ich folgende Beobachtungen an, die ich in Heidelberg ($49^{\circ} 24'$ nördliche Breite) am 4. Juli 1864 und in Dingwall in Rosshire (Schottland) unter einer nördlichen Breite von $57^{\circ} 35'$ ausführte, verglichen mit den Resultaten, die mein Assistent an den nämlichen Tagen in Manchester ($53^{\circ} 20'$ nördl. Breite) erhielt; die numerischen Resultate finden sich auf Seite 44 und 47, die Curven für Heidelberg und Manchester sind in Fig. 21 Taf. VI; die für Dingwall und Manchester in Fig. 22 Taf. VI dargestellt. Das Integral für die mittlere Intensität für Heidelberg am 4. Juli ist 160,0; für Manchester an demselben Tage 51,2; die chemische Wirkung an diesen zwei Orten verhielt sich demnach wie 3,12 zu 1. Das Integral für Dingwall am 27. September ist 66,4; für Manchester an demselben Tage 49,5; oder das Verhältniß der chemischen Wirkung war für diese Orte wie 1,34 zu 1.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, daß die chemische Wirkung des Tageslichtes in Manchester bedeutend kleiner ist, als man es der Breite des Ortes nach erwarten sollte; aber es erklärt sich dies leicht durch die absorbierende Wirkung der mit Steinkohlenrauch beladenen Atmosphäre, die fortwährend ganz Lancashire einhüllt. Es möchte in der That schwierig seyn, einen Ort zu finden, der sich weniger eignete für Untersuchungen über chemische Wir-

kungen des Lichtes, als gerade Manchester, wo trüber Himmel, Regenwetter oder Nebel die Regel bilden.

Aus den Integralen der täglichen Intensität kann man leicht die Gröſsen für die mittlere monatliche und jährliche Intensität der chemischen Strahlen ableiten und sollte die hier vorgeschlagene Methode zur Messung der chemischen Wirkung des Lichtes allgemein Anwendung finden, so dürfen wir hoffen, über die Vertheilung der chemisch wirksamen Strahlen auf der Oberfläche unseres Planeten bald eben solche Kenntniſs zu erlangen, als wir dieselbe über die Vertheilung der Wärmestrahlen besitzen.

Bestimmungen der täglichen Intensitäten des chemisch-wirkenden Lichtes zu Manchester, Heidelberg und Dingwall 1863 bis 1864.

Manchester 1863.

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	
26. Aug. 1863 (Fig. 6) Bar. = 746 ^{mm}			26. Aug. 1863 (Fortsetzung).		
7 ^h 3' a.m.	0,060	Sonnenober- fläche unbewölkt	3 ^h 30' p.m.	0,016	Ueberwölkt
7 33	0,038	bewölkt	4 0	0,016	"
7 45	0,092	unbewölkt	4 30	0,018	"
8 15	0,077	do.	5 0	0,009	"
8 45	0,070	do. nebelich	5 30	0,004	"
9 15	0,086	do. Nebel	6 0	0,010	"
9 45	0,097	"	27. Aug. 1863. Bar. = 745 ^{mm} ,0.		
10 30	0,133	"	8 ^h 5' a.m.	0,026	Sonnenober- fläche bewölkt
10 50	0,187	"	8 33	0,068	Volken
11 10	0,148	"	9 0	0,041	"
11 13	0,191	"	9 45	0,039	"
11 30	0,229	"	10 30	0,098	leichte Volken
11 50	0,203	leichte VVolken	11 0	0,146	"
12 0	0,160	"	11 4	0,132	unbewölkt
12 20 p.m.	0,210	unbewölkt	11 30	0,115	leichte VVolken
12 40	0,075	bewölkt	12 0	0,059	bewölkt
1 0	0,062	"	12 30 p.m.	0,122	unbewölkt
1 22	0,062	"	1 0	0,057	Volken
1 40	0,094	leichte VVolken	1 30	0,078	bewölkt
2 20	0,069	VVolken	2 0	0,159	Sonnenschein
3 0	0,021	"	2 20	0,155	"

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	
27. Aug. 1863 (Fortsetzung).			16. September (Fortsetzung).		
3h 0' p.m.	0,027	bewölkt	12h 35' p.m.	0,080	überwölkt
3 20	0,051	leichte VVolen	1 0	0,086	"
3 50	0,066	unbewölkt	2 0	0,091	"
4 10	0,004	bewölkt	2 40	0,093	"
4 30	0,002	(Gewitter)	3 20	0,037	"
			4 0	0,017	Regen
4. September 1863.			4 45	0,034	VVolen
Bar. = 756mm (Fig. 7).			1 0	0,007	"
7h 45' a.m.	0,062	Sonnenober- fläche unbe- wölkt	23. September 1863.		
			Bar. = 738mm,0.		
8 15	0,075	"	9h 0' a.m.	0,024	bewölkt
8 45	0,083	do. nebelich	9 30	0,054	leichte VVolen
9 20	0,098	unbewölkt	10 0	0,063	bewölkt
9 40	0,097	"	10 30	0,042	"
10 0	0,166	"	11 0	0,065	leichte VVolen
10 30	0,115	"	11 30	0,077	unbewölkt
10 45	0,173	"	12 0	0,013	bewölkt
11 0	0,165	"	12 20 p.m.	0,031	"
11 30	0,135	VVolen	12 45	0,041	"
11 42	0,079	"	1 0	0,056	"
11 50	0,128	unbewölkt	1 50	0,062	"
11 57	0,137	"	2 10	0,038	"
12 10 p.m.	0,072	bewölkt	2 30	0,00	Regen
12 21	0,159	unbewölkt		0,00	Gewitter
12 29	0,143	"	4 0	0,01	bewölkt
12 45	0,165	"	24. September 1863.		
1 20	0,099	leichte VVolen	Bar. = 744mm		
1 21	0,105	"	9h 0' a.m.	0,068	leichte VVolen
2 25	0,149	unbewölkt	9 30	0,069	"
2 45	0,038	bewölkt	10 10	0,105	unbewölkt
3 0	0,024	"	10 40	0,016	bewölkt
3 30	0,035	"	11 20	0,038	leichte VVolen
4 0	0,040	VVolen, Re- gen	11 40	0,015	überwölkt
5 0	0,035	VVolen	12 0	0,033	leichte VVolen
5 30	0,016	VVolen	12 30 p.m.	0,046	"
16. September 1863.			12 45	0,087	unbewölkt
Bar. = 761mm			12 45	0,099	"
9h 0' a.m.	0,059	VVolen	1 0	0,110	"
9 35	0,120	leichte VVolen	1 55	0,088	leichte VVolen
10 15	0,078	überwölkt	2 10	0,068	unbewölkt
10 45	0,077	"	2 40	0,042	bewölkt
11 15	0,041	"	3 0	0,021	"
11 45	0,104	"	3 30	0,014	"
12 0	0,103	"		0,000	Regen
			5 0	0,014	bewölkt

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichtes		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichtes	
25. September 1863. Bar. = 753 ^{mm}			21. December (Fortsetzung).		
9 ^h 0' a. m.	0,042	überwölkt	11 ^h 30' a. m.	0,014	unbewölkt
9 40	0,077	unbewölkt,	11 43	0,019	Regen
		nebelich	12 0	0,003	VVolen
10 20	0,035	leichte VVolen	12 15 p. m.	0,018	überwölkt
11 0	0,042	"	12 30	0,010	leichte VVolen
11 30	0,037	"	1 0	0,017	überwölkt
1 50 p. m.	0,031	überwölkt	1 30	0,013	"
2 20	0,055	leichte VVolen	2 0	0,0066	"
2 21	0,075	bewölkt	2 30	0,0066	"
2 22	0,081	"	3 0	0,0054	"
2 50	0,065	"	3 30	0,0017	"
3 15	0,050	leichte VVolen	22. December 1863. Bar. = 761 (Fig. 10).		
3 20	0,064	unbewölkt	9 ^h 10' a. m.	0,0077	Nebel
3 50	0,063	"	9 40	0,0057	VVolen
3 50	0,063	"	10 20	0,011	"
5 0	0,012	überwölkt	11 20	0,020	"
28. September 1863. Bar. = 755 ^{mm} . (Fig. 8).			11 40	0,025	"
9 ^h 20' a. m.	0,045	leichte VVolen	11 50	0,026	klarer Himmel
10 20	0,108	unbewölkt	11 55	0,028	"
10 21	0,108	"	12 0	0,023	leichte Wolken
10 55	0,101	"	12 30	0,020	Nebel
10 56	0,106	"	12 35	0,032	unbewölkt
11 20	0,125	"	1 0	0,029	Nebel
11 45	0,133	"	1 30	0,017	unbewölkt
12 20 p. m.	0,047	bewölkt	2 0	0,017	"
1 0	0,052	überwölkt	2 30	0,0066	"
1 40	0,055	leichte VVolen	19. März 1864. Bar. = 753 ^{mm} (Fig. 11).		
2 30	0,099	unbewölkt	8 ^h 0' a. m.	0,0026	Nebel
2 31	0,094	"	9 0	0,070	unbewölkt
3 0	0,080	"	9 40	0,130	"
3 1	0,079	"	10 25	0,080	"
3 40	0,072	"	10 45	0,13	"
3 50	0,059	"	11 0	0,13	"
4 0	0,044	"	11 15	0,080	"
4 10	0,043	"	11 35	0,10	"
4 30	0,037	leichte VVolen	11 45	0,11	"
5 0	0,019	"	11 55	0,10	"
5 30	0,004	"	12 0	0,12	"
21. December 1863. Bar. = 760 ^{mm} (Fig. 9).			12 5 p. m.	0,12	"
11 ^h 0' a. m.	0,013	VVolen	12 10	0,12	"
11 10	0,011	"	12 33	0,14	"
11 20	0,012	Nebel	1 0	0,12	"
			1 35	0,045	"

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	
19. März 1864 (Fortsetzung).			16. Juni 1864. Bar. = 758 ^{mm} ,3.		
2 ^h 20' p. m.	0,11	unbewölkt	6 ^h 25' a. m.	0,039	überwölkt
3 30	0,069	"	7 0	0,019	"
4 40	0,039	leichte VVolken	7 30	0,10	"
6 0	0,007	"	8 0	0,13	"
19. April 1864.			8 30	0,15	leichte VVolken
7 ^h 50' a. m.	0,10	unbewölkt	9 0	0,13	überwölkt
9 25	0,22	"	9 30	0,24	unbewölkt
10 0	0,29	"	10 0	0,38	"
10 40	0,20	"	10 30	0,29	"
11 0	0,33	"	11 0	0,38	"
12 0	0,25	"	11 30	0,35	"
1 0 p. m.	0,24	"	12 0	0,22	leichte VVolken
2 14	0,15	"	12 30 p. m.	0,37	unbewölkt
2 45	0,20	"	1 0	0,31	"
3 15	0,13	"	1 30	0,26	"
3 45	0,11	"	2 0	{0,24}	"
4 20	0,10	"		{0,23}	"
4 50	0,081	"	2 30	0,17	VVolken
20. April 1864. Bar. 759 ^{mm} (Fig. 12).			3 0	0,13	unbewölkt
6 ^h 50' a. m.	0,067	Nebel	3 30	0,15	leichte VVolken
7 45	0,17	unbewölkt	4 0	0,10	"
8 15	0,22	Nebel	4 30	0,052	überwölkt
8 45	0,22	"	5 0	0,045	"
9 20	0,35	"	5 30	0,087	leichte VVolken
10 0	0,26	unbewölkt	7 15	0,030	"
10 50	0,30	"	8 15	0,010	"
11 15	0,16	"	8 40	0,0027	"
11 30	0,17	"	17. Juni 1864. Bar. = 790 ^{mm} ,9.		
11 40	0,19	"	6 ^h 40' a. m.	0,053	überwölkt
11 50	0,17	"	7 10	0,086	"
12 0	0,16	"	7 50	0,18	"
12 30 p. m.	0,16	"	8 30	0,11	leichte VVolken
12 45	0,14	"	9 0	0,11	"
1 1	0,18	"	9 30	0,28	"
1 30	0,14	"	9 55	0,13	überwölkt
2 5	0,23	"	10 25	0,045	"
2 46	0,12	VVolken	11 10	0,15	"
3 13	0,11	"	11 40	0,12	"
3 30	0,10	"	12 10 p. m.	0,14	"
4 15	0,091	"	12 30	0,14	"
5 0	0,094	"	1 0	0,35	"
5 30	0,060	"	1 35	0,18	"
6 15	0,041	"	2 0	0,12	"
6 50	0,014	"	2 40	0,059	"
7 30	0,0037	"	3 10	0,062	"
			3 40	0,027	Regen
			4 20	—	"

Sonnen

7^h 50'

8 40

9 10

9 55

10 45

11 30

12 35

1 30

3 0

4 0

1 30

8 0

20. J.

8^h 0'

8 45

9 15

9 55

10 30

11 0

11 30

12 0

12 15

12 45

1 0

1 30

2 10

2 45

3 15

3 50

4 30

5 30

7 0

6^h 40'

7 15

7 45

8 30

9 30

Pogg

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts		Son- nenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolken- menge	
18. Juni 1864. Bar. = 761 ^{mm}			21. Juni 1864 (Fortsetzung).			
7 ^h 50' a. m.	0,19	unbewölkt	a. m.			
8 40	0,30	"	10 ^h 0'	0,27	—	leichte VVolen
9 10	0,19	VVolen	10 30	0,27	—	"
9 55	0,19	"	11 10	0,33	5	"
10 45	0,13	"	11 30	0,29	—	Sonnenschein
11 30	0,19	"	12 0	0,072	8	VVolen
12 35 p. m.	0,33	leichte VVolen	p. m.			
1 30	0,38	"	12 30	0,22	8	Sonnenschein
3 0	0,21	"	1 0	0,29	6	"
4 0	0,22	unbewölkt	1 35	0,28	6	VVolen
1 30	0,033	VVolen	2 45	0,21	4	Sonnenschein
8 0	0,0079	"	3 15	0,24	3	Nebel-Sonnen- schein
20. Juni 1864. Bar. = 763 ^{mm} ,8.			4 15	0,13	—	Sonnenschein
Temperaturmittel:			5 30	0,038	—	VVolen
Trocken	Feucht		6 10	0,031	—	"
19°,5	15°,9 C.		7 40	0,012	—	"
8 ^h 0' a. m.	0,14	leichte VVolen	22. Juni 1864.			
8 45	0,14	VVolen	Bar. = 761 ^{mm} ,0 (Fig. 14).			
9 15	0,099	"	Temperaturmittel:			
9 55	0,094	"	Trocken	Feucht		
10 30	0,16	"	17°,6	13°,5 C.		
11 0	0,12	"	a. m.			
11 30	0,15	"	8 ^h 0'	0,15	—	überwölkt
12 0	0,13	"				Regen
12 15 p. m.	0,13	"	8 45	0,017	10	VVolen
12 45	0,16	"	9 15	0,22	6	"
1 0	0,15	"	10 0	0,24	9	"
1 30	0,11	"	10 30	0,21	8	"
2 10	0,074	"	11 0	0,19	8	"
2 45	0,075	"	11 30	0,45	6	Sonnenschein
3 15	0,044	"	p. m.			
3 50	0,053	bewölkt	12 15	0,49	5	"
4 30	0,031	"	1 30	0,28	3	"
5 30	0,030	Regen	1 50	0,27	—	"
7 0	0,010	"	2 0	0,26	2	"
21. Juni 1864.			2 30	0,38	—	"
Temperaturmittel:			3 0	0,17	5	leichte VVolen
Trocken	Feucht		3 30	0,17	2	"
16°,1	11°,1 C.		4 0	0,16	3	Sonnenschein
6 ^h 40' a. m.	0,12		5 0	0,15	1	"
7 15	0,13	leichte VVolen	6 0	0,068	—	VVolen
7 45	0,074	"				
8 30	0,080	"				
9 30	0,21	unbewölkt				

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge	
23. Juni 1864 Bar. = 757 ^{mm} ,6. Temperaturmittel: Trocken 15°,1 Feucht 11°,6 C.				27. Juni 1864 (Fortsetzung).			
a. m.				p. m.			
7 ^h 0'	0,090	10	Regen	1 ^h 15'	0,050	9	überwölkt
9 20	0,18	10	Wolken	4 30	0,17	1	Sonnenschein
10 10	0,18	9	"	5 7	0,15	1	"
11 30	0,18	9	Regen	5 30	0,092	1	"
12 0	0,21	10	Wolken	1 0	0,020	—	"
p. m.				28. Juni 1864. Bar. = 763,2 (Fig. 15). Temperaturmittel: Trocken 15°,0 Feucht 13°,4 C.			
1 0	0,22	7	Regen	a. m.			
3 0	0,16	—	—	7 30'	0,031	10	bewölkt
3 40	0,17	6	Sonnenschein	8 40	0,043	10	"
4 35	0,12	8	Wolken	9 30	0,15	10	"
5 0	0,093	9	"	10 20	0,060	10	"
25. Juni 1864. Bar. = 761 ^{mm} ,2 Temperaturmittel: Trocken 16°,7 Feucht 13°,4 C.				11 0	0,037	10	Regen
a. m.				11 30	0,034	10	"
7 ^h 45'	0,055	10	bewölkt	p. m.			
8 30	0,14	10	"	12 30	—	10	Regen
10 10	0,27	10	"	2 30	0,095	10	"
11 0	0,18	10	"	29. Juni 1864. Bar. = 759°,2. Temperaturmittel: Trocken 13°,0 Feucht 11,4 C.			
12 0	0,27	10	"	a. m.			
p. m.				7 ^h 40'	0,11	10	Wolken
12 30	0,22	—	"	8 30	0,13	10	"
1 0	0,16	—	Wolken	9 40	0,042	10	"
1 45	0,33	—	überwölkt	10 20	0,044	10	"
2 30	0,23	8	Sonnenschein	11 20	0,047	—	"
3 30	0,13	10	bewölkt	11 35	0,026	—	"
5 15	0,10	—	"	12 0	0,022	—	"
6 30	0,037	—	überwölkt.	p. m.			
27. Juni 1864. Bar. = 765 ^{mm} ,2. Trocken 16°,4 Feucht 12°,06 C.				12 30	0,040	—	"
a. m.				1 15	0,018	—	"
7 ^h 45'	0,15	4	leichte Wolk	2 20	0,013	—	"
8 30	0,22	4	Sonnenschein	3 0	—	—	Regen
9 10	0,11	8	Wolken	4 0	0,028	—	Wolken
9 30	0,25	7	Sonnenschein	5 0	0,014	—	"
10 0	0,12	6	Wolken				
10 40	0,34	4	Sonnenschein				
11 30	0,11	9	überwölkt				
12 0	0,21	7	Sonnenschein				

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge	Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge
------------	-----------------------------	-------------	------------	-----------------------------	-------------

30. Juni 1864.
Bar. = 758^{mm}.0. (Fig. 16.)
Temperaturmittel:
Trocken 12°, 6 Feucht 12°, 1 C.

a. m.			
7 15'	0,021	10	bewölkt
8 15	0,10	10	"
9 10	0,21	8	Sonnenschein
10 0	0,060	9	VVolen
11 0	0,37	5	Sonnenschein
11 30	0,12	6	VVolen
12 0	0,46	—	Sonnenschein
p. m.			
12 30	0,077	—	bewölkt
1 45	0,090	—	"
3 0	0,061	6	"
4 0	0,075	—	"
4 30	—	—	Regen
5 20	0,054	6	leichte VVolen
6 10	0,10	6	Sonnenschein

1. Juli 1864. Bar. = 758^{mm}.2.
Temperaturmittel:
Trocken 14°, 6 Feucht 11, 1 C.

a. m.			
8 15'	0,067	9	VVolen
9 5	0,11	4	leichte VVolen
9 40	0,12	9	"
10 0	—	8	Regen
10 30	0,17	—	leichte Wolken
11 0	0,19	7	VVolen
11 45	0,086	—	überwölkt
p. m.			
12 30	0,040	—	"
1 0	0,20	—	Sonnenschein
2 15	0,25	5	"
3 45	0,085	—	bewölkt
4 30	0,063	—	"
5 30	0,050	—	"

2. Juli 1864.
Bar. = 752^{mm}. (Fig. 17.)

a. m.			
8 10'	0,042	10	Regen
10 0	—	10	"
12 0	0,028	—	"

2. Juli 1864. (Fortsetzung.)

p. m.			
3 45'	0,071	—	überwölkt
4 20	0,046	—	"
4 50	0,043	—	Regen

4. Juli 1864.
Bar. = 759^{mm}.5. (Fig. 18.)
Temperaturmittel:
Trocken 20°, 3 Feucht 11°, 8 C.

a. m.			
7 30'	0,076	8	bewölkt
8 0	0,11	6	"
8 30	0,077	9	"
9 0	0,041	10	Regen
9 30	0,023	10	überwölkt
10 10	0,055	9	"
10 30	0,056	9	"
11 0	0,038	9	Regen
11 30	0,032	10	"
12 0	0,065	9	"
p. m.			
12 30	0,070	9	"
1 0	0,097	8	"
1 30	0,090	8	"
2 0	0,14	8	"
2 30	0,14	—	VVolen
3 0	0,34	—	Sonnenschein
3 30	0,25	5	"
4 0	0,11	7	bewölkt
4 30	0,095	7	"
5 0	0,074	6	"
5 30	0,072	6	"
6 0	0,056	6	"
6 30	0,067	2	Sonnenschein
7 0	0,043	0	"
7 30	0,023	0	"

5. Juli 1864.
Bar. = 761^{mm}.6. (Fig. 19.)
Temperaturmittel:
Trocken 14°, 0 Feucht 10°, 7 C.

a. m.			
8 10'	0,12	10	Wolken
8 30	0,10	—	"
9 0	0,033	—	"

Sonnen-zeit	Chem. Intensität des Lichts	VVolkmenge		Sonnen-zeit	Chem. Intensität des Lichts	VVolkmenge	
5. Juli 1864. (Fortsetzung.)				7. Juli 1864. Bar. 764 ^{mm} , 7. Temperaturmittel:			
a. m.				Trocken	Feucht		
9 ^h 30'	0,14	—	Wolken	16°,4	13°,2 C.		
10 0	0,11	—	»	a. m.			
10 30	0,077	10	»	7 ^h 30'	0,040	10	überwölkt
11 0	0,14	10	»	8 0	0,058	10	»
11 30	0,15	10	»	8 30	0,10	10	»
12 0	0,18	10	»	9 15	0,079	10	»
p. m.				9 45	0,073	10	»
12 30	0,12	10	»	10 10	0,069	10	»
1 0	0,10	10	»	10 45	0,056	7	»
1 45	0,32	7	leichte VVolken	11 30	0,020	—	»
2 15	0,13	10	überwölkt	12 0	0,055	9	»
2 45	0,28	6	Sonnenschein	p. m.			
3 30	0,25	6	Wolken	12 30	0,021	10	»
4 0	0,18	6	leichte VVolken	1 0	0,12	9	»
4 30	0,21	6	»	1 45	0,064	—	»
5 0	0,072	7	»	2 25	0,022	10	»
5 30	0,093	6	»	3 0	0,15	7	leichte VVolken
6 0	0,067	—	Wolken	3 30	0,092	—	überwölkt
7 30	0,035	4	Sonnenschein	4 0	0,070	—	»
6. Juli 1864. Bar. = 765 ^{mm} , 3. Temperaturmittel:				4 30	0,11	—	»
	Feucht	Trocken		5 0	0,10	—	Wolken
	17°,6	13°,4 C.		7 20	0,025	—	»
a. m.				8. Juli 1864. Bar. = 765 ^{mm} , 1. Temperaturmittel:			
7 ^h 30'	0,058	1	Nebel	Trocken	Feucht		
8 0	0,083	1	»	19°,6	13°,8 C.		
8 30	0,10	3	»	a. m.			
9 0	0,077	7	Wolken	7 ^h 10'	0,055	8	überwölkt
9 30	0,20	7	Nebel	7 50	0,068	7	Wolken
10 15	0,13	4	»	8 25	0,089	9	»
10 45	0,078	10	überwölkt	9 0	0,12	—	»
11 20	0,071	6	leichte VVolken	9 30	0,12	—	»
11 50	0,10	7	»	10 30	0,13	—	»
p. m.				11 0	0,12	10	überwölkt
12 30	0,22	3	»	11 30	0,13	—	»
1 0	0,21	6	»	12 0	0,11	—	»
1 30	0,17	9	»	p. m.			
2 0	0,28	7	»	12 30	0,13	9	leichte Wolken
2 30	0,36	7	»	1 10	0,15	7	»
3 0	0,15	—	»	1 40	0,16	—	»
3 30	0,17	4	»	2 15	0,26	4	Sonnenschein
4 0	0,21	—	Sonnenschein	3 0	0,29	3	»
4 30	0,24	4	leichte VVolken	3 30	0,26	—	»
5 15	0,092	—	»	4 0	0,22	—	»
6 30	0,063	4	»				

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	Wolkenmenge	
8. Juli 1864. (Fortsetzung.)				4. Juli 1864. (Fortsetzung.)			
a. m.				a. m.			
4 ^h 30'	0,15	1	Sonnenschein	8 ^h 6'	0,208	—	VVolk
5 0	0,12	1	"	8 21	0,206	—	Sonnenschein
6 10	0,011	—	"	8 50	0,244	—	"
9. Juli 1864. Bar. = 764 ^{mm} , 1.				9 21	0,290	—	"
Temperaturmittel:				9 40	0,394	2	"
Trocken		Feucht		9 42	0,470	—	"
15°, 5		11°, 7 C.		20 23	0,475	—	"
a. m.				10 32	0,590	—	"
8 ^h 0'	0,060	3	Nebel	11 30	0,620	—	"
9 0	0,15	—	"	11 49	0,60	—	"
10 0	0,14	—	"	p. m.			
11 0	0,18	—	Sonnenschein	12 18	0,52	—	"
p. m.				1 5	0,516	—	"
12 20	0,15	—	"	2 21	0,248	—	bewölkt
1 30	0,23	—	"	3 5	0,300	—	Sonnenschein
2 30	0,22	—	"	3 50	0,270	—	"
3 30	0,22	—	"	4 30	0,126	—	überwölkt
4 30	0,14	—	"	4 50	0,163	—	Sonnenschein
5 30	0,10	—	"	5 25	0,124	0	"
26. September 1864.				Dingwall (Schottland)			
a. m.				27. September 1864.			
8 ^h 50'	0,11	—	Sonnenschein	a. m.			
9 25	0,13	—	"	9 ^h 16'	0,18	—	Sonnenschein
10 0	0,070	—	"	9 26	0,17	—	"
10 30	0,071	—	"	9 36	0,16	—	"
11 0	0,11	—	"	10 0	0,17	—	"
11 30	0,12	—	"	10 5	0,19	—	"
p. m.				10 10	0,19	—	"
12 10	0,10	—	"	10 23	0,22	—	"
12 40	0,11	—	"	10 30	0,18	—	Nebel
1 5	0,15	—	"	10 35	0,16	—	"
1 55	0,17	—	"	10 50	0,13	—	VVolk
2 30	0,12	—	"	11 25	0,16	—	"
3 0	0,096	—	"	11 21	0,15	—	"
3 40	0,078	—	"	p. m.			
4 10	0,056	—	"	12 45	0,24	—	Sonnenschein
4 45	0,038	—	"	2 37	0,19	—	"
5 15	0,018	—	"	2 45	0,13	—	VVolk
Heidelberg.				2 28	0,18	—	Sonnenschein
4. Juli 1864.				3 57	0,066	—	VVolk
a. m.				Manchester. 27. September 1864.			
6 ^h 51'	0,072	—	bewölkt	a. m.			
7 1	0,170	—	Sonnenschein	8 ^h 50'	0,13	—	Sonnenschein
				9 30	0,16	—	"

Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts		Sonnenzeit	Chem. Intensität des Lichts	
Manchester. 27. September 1864. (Fortsetzung.)					
10 ^h 0' a. m.	0,13	Sonnenschein	1 ^h 10' p. m.	0,13	Wolken
10 40	0,18	»	1 40	0,17	»
10 50	0,18	»	2 10	0,14	»
11 30	0,13	»	2 55	0,12	»
12 0	0,098	Wolken	3 40	0,081	»
12 40 p. m.	0,16	»	4 20	0,052	»

II. Ueber die Dispersion des Lichts in den Gasen; von Dr. Ketteler.

(Aus d. Monatsbericht. d. Berlin. Akad. Nov. 1864; nebst einem Zusatz.)

Je lebhafter das Interesse wird, mit welchem man gegenwärtig das Problem der Abhängigkeit der Fortpflanzung des Lichtes von der Dichte und chemischen Zusammensetzung der Körper seiner Lösung entgegenzuführen sucht, um so mehr wird die Ueberzeugung durchdringen, daß bloß ein allseitiges Studium der Refractions- und Dispersionerscheinungen der gasförmigen Körper eine Erkenntniß relativ einfacher Gesetze ermöglichen, und durch diese auch für das Gebiet der ungleich complicirteren festen und flüssigen Körper einen sicheren Weg anbahnen werde. Ich habe es daher unternommen, die genannten Eigenschaften der Gase einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Dieselbe ist in ihrem physikalischen Theile der Hauptsache nach abgeschlossen, und ich erlaube mir, in Folgendem die Resultate dieser Arbeit der Königl. Akademie vorzulegen.

Wenn es mir gelungen ist, die Brechungsindices der Gase sogar für die einzelnen Fraunhofer'schen Linien scharf zu bestimmen und das Gesetz ihrer Abhängigkeit von der Dichte aufzufinden, so verdanke ich das wesentlich der von mir eingeschlagenen Methode. Ich habe nämlich den bisher fast ausschließlicb betretenen Weg der prismatischen

Anal
der
I
Ara
Einh
thod
Dich
geda
höhe
von
cons
Vers
ande
kurz
mögl
die
Nati
quell
Com
dera
Ento
ausfu
I
natu
wo
Ben
tete
erst
Z
nisse
gleich
Zun
nutz
der
Schä
Man

1) 1
(U

Analyse verlassen und meine Apparate auf das Princip der Interferenz gegründet.

Bedenkt man, daß nach den älteren Versuchen von Arago und Biot der Ueberschuß des Index über die Einheit, als eine GröÙe, welche bei der Interferential-Methode zum directen Beobachtungsobjecte erhoben wird, der Dichtigkeit proportional ist; erwägt man ferner, daß der gedachte Vortheil für das Studium der Dispersion eine noch höhere Bedeutung erlangt, insofern genaue Coincidenzen von Fransen verschiedenfarbiger Systeme sehr leicht zu constatiren sind und überdies von Formveränderungen der Verschlussplatten ziemlich unbeeinflusst bleiben, während andererseits ein feineres Einstellen auf die Linien eines kurzen, nur nach Secunden zählenden Spectrums beinahe unmöglich erscheint, — so wird zugegeben werden müssen, daß die eingeschlagene Methode die ausschließlichsich geeignete ist. Natürlich bedurfte man verschiedenfarbiger homogener Lichtquellen und mußte die Fransen, ohne Einschaltung von Compensatoren, wo nöthig, nach Tausenden verfolgen. Ein derartiges Verfahren ist also, wie man sieht, erst durch die Entdeckung der HH. Bunsen und Kirchhoff practisch ausführbar geworden.

Die folgenden Versuche sind größtentheils im neuen naturwissenschaftlichen Institute zu Heidelberg angestellt, wo Hr. Prof. Kirchhoff mir mit großer Liberalität die Benutzung geeigneter Räumlichkeiten und Apparate gestattete und dadurch überhaupt die schwierige Untersuchung erst möglich gemacht hat.

Zur vollständigen Bestimmung der optischen Verhältnisse der Gase bedurfte es einer zusammenhängenden und gleichförmigen Messung aller dazu nothwendigen Elemente. Zunächst mußten die Wellenlängen der drei, von mir benutzten homogenen Lichtquellen, nämlich die Wellenlängen der Lithium-, Natrium- und Thalliumflamme mit größserer Schärfe bestimmt werden, als solches bisher geschehen war. Man verfuhr hierbei nach der von Fizeau¹⁾ vorgeschlagene-

1) Fizeau, *Annal. de chim. et de phys.* 3. série T. LXVI, p. 429.

(Diese Ann. Bd. CXIX, S. 87 und 297.)

nenen Methode, suchte nämlich bei gleichzeitiger Beleuchtung eines passenden Systems von Newton'schen Ringen durch je zwei der vorhin genannten Flammen die entsprechenden Coincidenzen. Bei Anwendung eines Apparates, welcher die zur Hervorrufung jener Ringe notwendigen Platten enthielt, und zwar so, daß die obere fest war, aber zur unteren in jede beliebige Neigung gebracht werden konnte, während letztere ohne jede Drehung mittelst eines durch eine Mikrometerschraube bewegten Hebels vertical auf- und niedergeschoben werden konnte, erhielt man beispielsweise für die zwischen zwei Coincidenzen eingeschlossenen Ringe folgende, wirklich beobachtete Zahlen:

$$\frac{\mu_N}{\mu_L} = \frac{1156}{1015}, \quad \frac{\mu_{ra}}{\mu_L} = \frac{770}{699}, \quad \frac{\mu_{ra}}{\mu_L} = \frac{1537}{1225}.$$

Dabei war die Empfindlichkeit des Apparates eine so große, daß der den Hebel bewegendende Finger eine Strecke von über 10^{mm} zurückzulegen hatte, um nur eine einzige Franse zur Verschiebung zu bringen. — Als Mittelwerthe aus 23 derartigen Beobachtungen ergaben sich die Verhältniszahlen:

$$\frac{l_L}{l_N} = 1,138953; \quad \frac{l_N}{l_{ra}} = 1,101568; \quad \frac{l_L}{l_{ra}} = 1,254638.$$

Das Product aus den beiden ersten giebt: 1,254634.

Was die absolute Größe der Wellenlängen betrifft, so mußte für l_N der Fraunhofer'sche Werth 0^{mm},0005888 gesetzt werden, da die von Fizeau in Aussicht gestellte Wiederholung dieser Messung noch nicht veröffentlicht ist und eine eigene Bestimmung dem eigentlichen Zwecke meiner Arbeit ferner lag. Dadurch erhält man in Hundert-millionstel-Millimeter:

$l_L = 676061,6$; $l_N = 58880,0$; $l_{ra} = 53451,0$,
Zahlen, deren fünfte Stelle (relativ) als noch ziemlich sicher zu betrachten ist.

Sonach konnte zur eigentlichen Untersuchung der Dispersionsverhältnisse der Gase vorgeschritten werden. Untersucht wurden folgende fünf: Luft, Kohlensäure, Wasserstoff, Cyan und schweflige Säure.

Dieselben wurden in Röhren zwischen dicke, von Jamin angegebene und wiederholt von ihm beschriebene¹⁾ Interferentialplatten gebracht, die wieder hübsche und sehr gut zu verfolgende Fransensysteme erzeugten. Zur Einfüllung diente eine Geißler'sche Quecksilberluftpumpe²⁾, zur Compression oder Dilatation eine zweite Pumpe, bestehend aus einem metallenen Cylinder, in welchem ein Kolben mit möglichst starker Reibung und zwar mittelst einer geeigneten Vorrichtung langsam und continuirlich hinein- oder herausgeschraubt werden konnte. Die Druckveränderungen wurden an einem aus 15^{mm} weiten Glasröhren bestehenden Manometer mittelst eines Kathetometers abgelesen und konnten vom gewöhnlichen Druck aus, wenn nöthig, selbst bis zu vier Atmosphären gesteigert werden. Es war nun Plan, von einer ersten Coincidenz ausgehend, bei gemischtem, z. B. roth-gelbem Lichte und allmählich fortschreitender Compression die zweite, dritte usw. aufzusuchen und gleichzeitig die entsprechenden Manometerstände zu notiren. Indefs schon die ersten, mit Luft angestellten Versuche vereinfachten das Verfahren sehr.

Man fand nämlich für die drei möglichen Farbencombinationen folgende, fortschreitende Reihen von Streifen, die möglichst genau mit einander coincidirten:

Gelb-Roth.	Grün-Gelb.
$\frac{8}{7} = 1,14286$	$\frac{21}{19} = 1,10526$
⋮	⋮
$\frac{104}{91} = \frac{8}{7} \cdot 13 = "$	$\frac{73,5}{66,5} = \frac{21}{19} \cdot 3,5 = "$
⋮	⋮
$\frac{200}{175} = \frac{8}{7} \cdot 25 = "$	$\frac{147}{133} = \frac{21}{19} \cdot 7 = "$
⋮	⋮
$\frac{304}{266} = \frac{8}{7} \cdot 38 = 1,14286$	$\frac{315}{285} = \frac{21}{19} \cdot 15 = 1,10526$

1) Jamin, *Ann. de chim. et de phys.* 3. série T. LII, p. 166.

2) Meyer, *Beobachtungen über das geschichtete elektrische Licht*, Berlin 1858.

$$\frac{24}{19} = 1,26316$$

$$\vdots$$

$$\frac{240}{190} = \frac{24}{19} \cdot 10 = "$$

$$\vdots$$

$$\frac{336}{266} = \frac{24}{19} \cdot 14 = 1,26316$$

Gleichzeitig erhöhte sich der Druck von 1 auf 2,56 Atmosphären.

Eine ähnliche Versuchsreihe, bei der die Luft folgendermaßen bis zu 0,63 Atmosphäre verdünnt wurde, ergab genau dieselben Zahlen, so daß dieselben zwischen den entfernten Grenzen von 1 bis 4 tatsächlich ihre Gültigkeit bewahren.

Erweitert man dieselben, natürlich unter Vorbehalt der dann etwa nöthig werdenden kleinen Modificationen, und berücksichtigt man dabei die bekannten Gleichungen:

$$L(n'_A - n_A) = m_A \lambda_A$$

$$L(n'_B - n_B) = m_B \lambda_B,$$

wo L die Länge der Röhren, λ_A und λ_B zwei gegebene Wellenlängen des dispersionsfreien Raumes bedeuten, denen für einen Anfangszustand die Indices n_A , n_B , für einen beliebigen Endzustand die Indices n'_A und n'_B und die gleichzeitig verschobene Streifenzahl m_A , resp. m_B entsprechen, so gelangt man zu folgendem, ebenso einfachem als wichtigem Gesetze:

$$\frac{n'_A - n_A}{n'_B - n_B} = \text{Const.}$$

Nimmt man als Endzustand den des leeren Raumes, so wird $n'_A = n'_B = 1$, folglich:

$$(I) \quad \dots \quad \frac{n_A - 1}{n_B - 1} = \text{Const.}$$

Die Consequenzen dieses interessanten Gesetzes sind folgende:

1. Betrachtet man die Variation eines, einem beliebigen

gen λ entsprechenden Brechungsindex mit zu- oder abnehmender Dichte (d), so hat man im allgemeinen:

$$n - 1 = F(d, \lambda)$$

oder nach (I):

$$n - 1 = \varphi(d) \cdot f(\lambda).$$

Setzt man nun als einfachste Annahme $\varphi(d) = d$, also:

$$(II) \quad n - 1 = df(\lambda)$$

und berücksichtigt, daß ($n - 1$) innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler mit $\frac{1}{2}(n^2 - 1)$ zusammenfällt, so führt das Gesetz (I) auf das ältere der Constanz des Brechungsvermögens zurück. Daß in der That obige Annahme gerechtfertigt ist, haben directe, unten zu besprechende Versuchsreihen erwiesen.

2. Der Quotient $\frac{n_A - 1}{n_B - 1} + \frac{\lambda_A - l_A}{\lambda_B - l_B} \cdot \frac{l_B}{l_A}$, welcher an der

Grenze $d = 0$ übergeht in einen Differentialquotienten von der Form $\frac{dl_A}{dl_B} \cdot \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$ und hier das Verhältniß der Verkürzun-

gen zweier bestimmten Schwingungsdauern entsprechender Wellenlängen angiebt, läßt sich füglich als Maafs für die Gröfse der Dispersion betrachten. Die dispersirende Kraft wäre demnach von der Dichte unabhängig und wesentlich an die Beschaffenheit der Molecüle geknüpft.

Der Uebersicht wegen stelle ich sämtliche, an den genannten Gasen gemachte Beobachtungen zu folgender Tabelle zusammen:

Es kommen auf 10000 rothe Streifen:

Bei der geometrischen Verzögerung
des einen der interferirenden
Strahlen durch Verlängerung des
Weges in Luft

gelbe	grüne
11389,53	12546,36

Bei der physikalischen Verzögerung
durch Verdichtung in

Luft und Kohlensäure	11428,6	12631,6
--------------------------------	---------	---------

Wasserstoff	11441,4	12659,6
-----------------------	---------	---------

Cyan	11460,5	12698,1
----------------	---------	---------

Schweflige Säure	11463,4	12705,7
----------------------------	---------	---------

Berechnet man, wie das geschehen konnte (vergl. unten) die Zahlen der zweiten Columnne aus denen der dritten, so beträgt die mittlere Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung etwa 7 Einheiten der sechsten Stelle.

Interessant ist namentlich die starke Dispersion des Wasserstoffs.

Nunmehr erübrigt bloß, die Indices für eine Farbe, z. B. bei Natriumlicht, zu bestimmen, um auch die für die beiden andern zu kennen. Zu diesem Zweck wurden Versuchsreihen in der Art angestellt, daß man die z. B. je 25 verschobenen Streifen entsprechenden Druckerhöhungen notirte.

Zur Orientirung theile ich eine solche, wie sie mit Luft erhalten wurde, hier mit:

<i>m</i>	<i>p</i> ₁	<i>p</i> ₂	$\frac{p_1}{m}$	$\frac{p_2}{m}$	Temperaturen
	mm	mm			
0	— 0,33	— 0,98			
25	+ 99,09	+ 98,78	3,9784	3,9644	Zu Anfang:
50	199,42	198,92	3,9966	3,9962	18°,35 Röhren
75	299,19	298,71	3,9952	3,9941	18°,42 Manomet.
100	399,01	398,62	3,9950	3,9943	
125	498,85	498,30	3,9950	3,9925	Zu Ende:
150	598,34	598,27	3,9927	3,9933	18°,60 Röhren
175	697,76	697,58	3,9906	3,9901	18°,50 Manomet.
200	797,58		3,9911		

Columnne *m* enthält die Streifenzahl, die mit *p* überschriebenen Columnnen geben die zugehörigen Druckerhöhungen und zwar *p*₁ bei zunehmender, *p*₂ bei wieder abnehmender Dichte. Die Quotienten $\frac{p}{m}$ sind (abgesehen von den beiden ersten) bis auf eine kleine Abnahme, welche durch die Temperaturverhältnisse der verschiedenen Theile des Apparates ihre genügende Erklärung findet, vollkommen constant.

Was nun die Indices betrifft, so erhielt ich als Mittelwerth aus zwei mit gewöhnlicher Luft angestellten und nur wenig differirenden Versuchen folgende, für die Temperatur von 0° und den Normalbarometerstand geltende Zahl:

$$n_N = 1,00029470,$$

ein Resultat, welches mit den bisherigen, von Delambre, Arago und Biot gegebenen Zahlen ganz übereinstimmt.

Es folgt daraus weiter:

$$n_L = 1,000292669$$

$$n_N = 1,000294704$$

$$n_{\text{Ta}} = 1,000295669$$

Durch Multiplication der Zahlen in die oben gegebenen mitgetheilten Wellenlängen erhält man endlich für die Wellenlängen des luftleeren, dispersionsfreien Raumes die Werthe:

$$\lambda_L = 67081,2 \quad \lambda_N = 58897,3 \quad \lambda_{\text{Ta}} = 53466,8.$$

Hinsichtlich der Indices für die übrigen Gase muß ich auf die vollständige Abhandlung, welche demnächst als besondere Schrift erscheinen wird, verweisen.

Mit Hülfe einiger allgemeiner Betrachtungen und mit besonderer Berücksichtigung der hier ausgeführten Gesetze sowie der für feste und flüssige Körper vorliegenden Messungen ist es mir gelungen, für die Abhängigkeit des Index von der Dichte und Wellenlänge folgende umfassende und außerordentlich einfache empirische Formel aufzufinden:

$$(III) \quad \dots \quad n^2 - 1 = \alpha \frac{1}{1 - \frac{\beta^2}{l^2}}$$

wo wieder $l = \frac{\lambda}{n}$ die innere Wellenlänge bedeutet und $\frac{\alpha}{d} = A$ und β Constanten sind.

Dieselbe giebt, zumal wenn letztere bei gegebener Dichte aus zwei Beobachtungen berechnet werden, in allen Aggregatzuständen den Brechungsindex sehr genau als Function der Wellenlänge. Ihre Constanten A und β charakterisiren ferner eine jede Substanz in dem Grade, daß sie für die genannten drei Zustände wenigstens nahe identisch bleiben.

Obige Formel schreibt sich auch folgendermaßen:

$$(\lambda^2 - l^2)(l^2 - \lambda_0^2) = \alpha l^4,$$

wo $\beta = \lambda_0$ als eine Wellenlänge des dispersionsfreien Raumes aufgefaßt ist. Es würde daraus folgen, wenn das dem λ_0 entsprechende l , l_0 und der zugehörige Index n_0 genannt wird:

$$\frac{\lambda_0^2 - l_0^2}{l_0^2} = n_0^2 - 1 = \sqrt{-a} = \sqrt{-A \cdot d}.$$

Dadurch erhält Gleichung (III) die Gestalt:

$$(\lambda^2 - l^2)(\lambda_0^2 - l_0^2) l_0^2 = (\lambda_0^2 - l_0^2)(\lambda_0^2 - l_0^2) l^4$$

oder eleganter:

$$\left(1 - \frac{v^2}{V^2}\right) \left(\frac{T_0^2}{T^2} - \frac{v^2}{V^2}\right) = \left(\frac{v_0^2}{V_0^2} - \frac{v^2}{V^2}\right)^2,$$

wo V die Geschwindigkeit des Lichtes im Vacuum, v und v_0 die den Schwingungsdauern T und T_0 entsprechenden Geschwindigkeiten desselben in einem mit ponderabler Materie erfüllten Raum bedeuten, der eben durch v_0 und T_0 optisch charakterisirt wird.

Andererseits läßt sich die von Christoffel¹⁾ vorgeschlagene, abgekürzte Cauchy'sche Formel:

$$(c) \quad \dots \dots \dots \frac{1}{n^2} = a - \frac{b}{\lambda^2}$$

auf die Form:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2} = \alpha_1 \left(1 + \frac{\beta_1^2}{\lambda^2}\right)$$

bringen, während Gleichung (III) zu folgender Reihe führt:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2} = \alpha_1 \left(1 + \frac{\beta_1^2}{\lambda^2} + \frac{\beta_2^4}{\lambda^4} + \dots\right).$$

Beide differiren also nur wenig.

Dafs genannte Gleichung sich den Beobachtungen über die Dispersionsverhältnisse der Gase sehr vollständig anschließt, ist bereits oben angeführt.

Ich habe ferner die bessern Messungen von Brechungsexponenten der Fraunhofer'schen Linien, die man von Fraunhofer, Dutirou, Rudberg und Andern besitzt, mit ihr verglichen und ebenfalls eine sehr gute Uebereinstimmung gefunden. Da dieselben indess von Fehlern, die durch Temperaturschwankungen veranlaßt seyn mögen, nicht frei zu seyn scheinen und überdies zu ihrer Berechnung nicht

1) Christoffel, Monatsberichte der Akademie 1861. October 14 und 31.
(Dies. Ann. Bd. CXVII, S. 27.)

vollkommen genau bestimmte Wellenlängen benutzt werden mußten, so habe ich die drei Spectra des Lithiums, Natriums und Thalliums gebraucht, um die entsprechenden Indices eines Prismas von schwerem Faraday'schen Glase correct zu messen.

Mit Hülfe eines Steinheil'schen Spectrometers aus der hiesigen physikalischen Sammlung, dessen Benutzung mir Hr. Prof. Kirchhoff gütigst gestattete, ergaben sich folgende Brechungsindices:

$$n_L = 1,683879, \quad n_N = 1,691361, \quad n_{Ta} = 1,698535.$$

Dagegen berechnete sich aus der ersten und letzten für die mittlere Zahl

nach Formel (III) $n'_N = 1,691329$, nach (c) $n''_N = 1,691356$, so daß in Einheiten der fünften Stelle $n - n' = 3,2$, $n - n'' = 0,5$ beträgt. Da nun die Genauigkeit der Messung schwerlich die Gränze von drei Einheiten überstiegen haben dürfte, so stimmen beide Rechnungsmethoden gleich gut mit dem Experiment überein.

Was endlich die GröÙe $\beta = \lambda_0$ betrifft, so ist dieselbe für Gase, Flüssigkeiten und feste Körper von derselben Ordnung. Es berechnete sich z. B.

für Luft	$\lambda_0 = 0^{mm},0000723$
Wasserstoff	$= 0,0000831$
Cyan	$= 0,0000958$

während andererseits

für Wasser	$\lambda_0 = 0,0000749$
Schwefelkohlenstoff	$= 0,0001042$
Flintglas	$= 0,0000815$

gefunden wurde. Der Gedanke an eine strenge Constanz derselben beim Uebergang aus dem einen in den andern dieser Zustände liegt somit, zumal da λ_0 als Wellenlänge des leeren Raumes auftritt, nahe genug. Ich habe denselben am Schwefelkohlenstoff und vornehmlich an schwefliger Säure geprüft.

Letztere wurde daher auch in ihrem flüssigen Zustande einer sorgfältigen Messung unterzogen. Man erhielt die Indices:

$$n_L = 1,33574, \quad n_N = 1,33835, \quad n_{TA} = 1,34108$$

Nun folgt aus Formel (I) für die Combination von n_L und n_N :

$$\lambda_0 = 0^{mm},0000845, \quad \alpha = 0,76198$$

und hieraus $n'_{TA} = 1,34084$, somit $n - n' = 2,4$.

Ein Resultat, wie es bei den begreiflicher Weise höchst schwierigen Verhältnissen des Versuches nicht besser erwartet werden konnte. Die Temperatur betrug $24^{\circ},1$ C.

Man erhält nun für die

Schweflige Säure

im tropfbar flüssigen Zustand:

$$d = 1,482 \text{ (nach Pierre), } A = \frac{\alpha}{d} = 0,514, \lambda_0 = 0^{mm},0000845$$

im gasförmigen Zustand:

$$d = 2,216.0,0001293 \text{ (Dulong), } A = 0,450, \lambda_0 = 0^{mm},0000981$$

Wie man sieht, bleiben beide Constanten selbst innerhalb so außerordentlich weiter Gränzen nahe dieselben.

Wenn ich einleitend auf die hohe Bedeutung des optischen Verhaltens der gasförmigen Körper für die gesammte Dispersionslehre hinwies und für die Untersuchung selbst die Interferentialmethode der gebräuchlicheren, prismatischen Analyse vorziehen zu müssen glaubte, so werden die mitgetheilten Versuche diese Ueberzeugung wohl befestigt haben. Es ist möglich gewesen, über ein so delicates Problem wie die Farbenzerstreuung der Gase, zum ersten Male zu erfolgreichen Messungen zu gelangen, und es konnte durch sie das wichtige Gesetz constatirt werden, dafs die dispergirende Kraft in höherem Grade der wirksamen Substanz als solcher, als der mehr oder minder dichten Aggregation ihrer Molecüle zukommt. Eine Fortsetzung der Untersuchung, welche sich unter Anderm auch auf homologe Reihen zu erstrecken haben wird, behalte ich mir vor.

Was endlich die vorgeschlagene Formel betrifft, so mag dieselbe, so lange es ihr an einer präciseren, theoretischen Begründung fehlt, als Interpolationsformel aufgefaßt werden. Auch möchte ich hervorheben, dafs überhaupt derartige einfache Beziehungen nur für den gasförmigen Zustand

strenge erfüllt werden können, während die bei den übrigen Aggregationszuständen stark hervortretenden Cohäsionskräfte eine solche Einfachheit stören oder wenigstens in die Constanten Modificationen hineinragen, so etwa, daß letztere als Functionen der Dichtigkeitszuwüchse erscheinen, mithin für jeden gegebenen Abstand der Moleculé besonders berechnet werden müssen. Jedenfalls ist das Wasser, dessen Index nach den Beobachtungen Jamin's und Anderer unterhalb 4° C. mit abnehmender Dichte wächst, auch hier als Ausnahme zu betrachten.

Ich schliesse diese Mittheilung mit einer Angabe der Brechungsindices der Luft für sämtliche Fraunhofer'sche Linien:

$$n_A = 1,00029286$$

$$n_E = 1,00029584$$

$$n_B = 1,00029345$$

$$n_F = 1,00029685$$

$$n_C = 1,00029383$$

$$n_G = 1,00029873$$

$$n_D = 1,00029470$$

$$n_H = 1,00030026$$

Dieselben sind (relativ) auf wenige Einheiten der letzten Stelle sicher.

Zusatz.

Den vorstehenden Mittheilungen, die in den Monatsberichten der Kgl. Akademie zu Berlin aus dem Jahre 1864 abgedruckt sind, glaube ich eine Formel beifügen zu dürfen, welche den Brechungsindex als eine sehr einfache Function von Wellenlänge und Dichtigkeit darstellt, und deren zwei Constanten bei ein und derselben Substanz für alle Aggregatzustände annähernd denselben Werth behalten. Die betreffende Gleichung (S. 397) war:

$$n^2 - 1 = A \frac{1}{1 - \frac{\beta^2}{l^2}},$$

wo $l = \frac{\lambda}{n}$ bedeutet, $A = \frac{\alpha}{d}$ und β^2 constant sind und $\beta = \lambda_0$ als eine Wellenlänge aufgefaßt werden kann.

Fortgesetzte und sehr umfassende Berechnungen haben mich indess bestimmt, gedachte Formel mit der folgenden zu vertauschen:

$$(III) \quad \dots \quad n - 1 = \alpha \frac{1}{1 - \frac{\beta^2}{\lambda l}}.$$

Wird auch hier $\beta = \lambda_0 = VT_0$ gesetzt, wo V die Geschwindigkeit des Lichtes im Vacuum, T_0 die Schwingungsdauer bedeute, und $l_0 = v_0 T_0$ als innere Wellenlänge aufgefaßt, die durch den Index $n_0 = \frac{V}{v_0}$ mit λ_0 verknüpft ist, so nimmt Gleichung (III) die folgende Gestalt an:

$$\frac{n - 1}{n_0 - 1} = \frac{\frac{\lambda}{\lambda_0} - \frac{\lambda}{l_0}}{\frac{\lambda}{\lambda_0} - \frac{\lambda}{l}}$$

oder:

$$(1 - \frac{v}{V})(\frac{T_0}{T} - \frac{v}{V}) = (\frac{v}{v_0} - \frac{v}{V})^2,$$

und da für $\lambda = \infty$ sich $n_\infty - 1 = \alpha$ erweist:

$$(n - 1) : (n - n_\infty) = \frac{\lambda}{\lambda_0} : \frac{\lambda}{l}$$

oder:

$$\frac{V - v}{v_\infty - v} = \frac{v}{v_\infty} \cdot \frac{T^2}{T_0^2}.$$

Ersetzt man in Gleichung (III) l durch $\frac{\lambda}{n}$ und löst nach n auf, so kommt, wenn noch die erhaltene Wurzelgröße nach dem binomischen Lehrsatz entwickelt und zweckentsprechend reducirt wird:

$$\frac{n - 1}{\alpha} = 1 + (1 + \alpha) \frac{\beta^2}{\lambda^2} + (1 + \alpha)(1 + 2\alpha) \frac{\beta^4}{\lambda^4} + \dots^1)$$

Wird dagegen λ durch nl ersetzt, so erhält man die analoge Reihe:

$$\frac{n - 1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{1 + \alpha} \frac{\beta^2}{l^2} + \frac{1}{(1 + \alpha)^3} \frac{\beta^4}{l^4} + \frac{1 - \alpha}{(1 + \alpha)^5} \frac{\beta^6}{l^6} + \dots$$

Daraus ergibt sich für das Quadrat des reciproken Brechungsindex:

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{(1 + \alpha)^2} - \frac{2\alpha}{(1 + \alpha)^4} \frac{\beta^2}{l^2} + \frac{\alpha(3\alpha - 2)}{(1 + \alpha)^6} \frac{\beta^4}{l^4} - \frac{2\alpha(1 - 4\alpha + \alpha^2)}{(1 + \alpha)^8} \frac{\beta^6}{l^6} + \dots$$

eine Gleichung, welche bei gewissen Größenverhältnissen

1) Dieselbe führt zur früher vorgeschlagenen Gleichung zurück, wenn n^2 statt n geschrieben wird.

der Constanten auf ihre ersten beiden Glieder eingeschränkt werden kann.

Ob und wieweit eine specielle Uebereinstimmung der einzelnen Coëfficienten dieser Reihen mit denen von Cauchy erkennbar ist, mag hier dahingestellt bleiben.

Es läßt sich zeigen, dafs in der That Formel (III) das ganze, bis jetzt untersuchte Gebiet der Dispersionserscheinungen mit grofser Genauigkeit umfaßt.

Dafs genannte Gleichung sich den Beobachtungen über die Dispersionsverhältnisse der Gase sehr vollständig anschliesst, ist bereits oben angeführt.

Es wurden ferner die besseren Messungen von Brechungsexponenten der Fraunhofer'schen Linien, die man insbesondere von Fraunhofer, Rudberg und Landolt besitzt, mit ihr verglichen und eine sehr gute Uebereinstimmung gefunden ¹⁾. Im allgemeinen sind die erhaltenen Differenzen identisch mit denjenigen, die sich aus der Anwendung der von Christoffel ²⁾ auf ihre beiden ersten Glieder beschränkten primären Reihe von Cauchy ergeben.

Ich selbst habe die drei Spectra des Lithiums, Natriums und Thalliums benutzt, um die zugehörigen Indices eines Prismas von schwerem Glase möglichst correct zu messen. Mit Hülfe eines Steinheil'schen Spectrometers aus der physikalischen Sammlung zu Heidelberg, dessen Benutzung mir Hr. Prof. Kirchhoff gütigst gestattete, erhielt ich folgende Brechungsexponenten:

$$n_L = 1,683879, \quad n_N = 1,691361, \quad n_{Ta} = 1,698535$$

Zahlen, die ich für um so genauer halte, als sowohl wegen der schwachen Intensität der Lichtquellen und der kurzen Versuchszeit alle Temperaturschwankungen vermieden, als auch bei dem angewandten Verfahren der festen Aufstellung des Prismas die Fehler der Minimalableitung umgangen waren.

Andererseits berechneten sich aus der ersten und letzten für die mittlere Zahl

1) Dieselbe war erheblich besser als bei der frühern Formel.

2) Christoffel, Pogg. Ann. Bd. CXVII, S. 27.

Nach Formel (III) nach Christoffel
 $n'_N = 1,691351$ $n''_N = 1,691356$

so daß in Einheiten der fünften Stelle $n - n' = 1$, $n - n'' = 0,3$ beträgt. Beide Differenzen sind natürlich in Ansehung der Versuchsfehler als gleich zu erachten.

Was endlich die Größe $\beta = \lambda_0$ betrifft, so ist dieselbe für Gase, Flüssigkeiten und feste Körper von derselben Ordnung. Es berechnete sich z. B. für:

Luft	$\lambda_0 = 0^{\text{mm}},0000723$
Wasserstoff	$= 0,0000831$
Cyan	$= 0,0000958$
und für Wasser	$= 0,0000813$
Schwefelkohlenstoff	$= 0,0001235$
schweres Glas	$= 0,0000959$

Der Gedanke an eine strenge Constanz derselben beim Uebergang aus dem einen in den andern dieser Zustände liegt somit, zumal da λ_0 als Wellenlänge des leeren Raumes auftritt, nahe genug. Ich habe denselben an Schwefelkohlenstoff und vornehmlich an schwefliger Säure geprüft.

An Dämpfen von Schwefelkohlenstoff ergab sich nach manchen Schwierigkeiten für das Verhältniß der gleichzeitig verschobenen Anzahl von gelben und rothen Streifen $\frac{45,5}{39,5}$, während sich unter Voraussetzung der Richtigkeit dieses Satzes aus den Constanten des flüssigen Schwefelkohlenstoffs die Zahlen $\frac{45,5}{39,53}$ berechnen.

Die schweflige Säure wurde auch in ihrem flüssigen Zustande einer sorgfältigen Messung unterzogen. Es ergaben sich die Indices:

$n_L = 1,33574$, $n_N = 1,33835$, $n_{Ta} = 1,34108$.
 Nun folgt aus Formel (III) für die Combination von n_L und n_{Ta}

$\lambda_0 = 0^{\text{mm}},00009404$, $\alpha = 0,32692$
 und daraus:

$n'_N = 1,33838$, somit $n - n' = -3$

Die Temperatur betrug $24^{\circ},1$ C. Man erhält nun für die

Schwefflige Säure
im tropfbar flüssigen Zustand:

$$d = 1,4821 \text{ (Nach Pierre), } A = \frac{\alpha}{d} 0,221, \lambda_0 = 0^{\text{mm}},0000940$$

im gasförmigen Zustand:

$$d = 2,216 \cdot 0,001293 \text{ (Nach Dulong), } A = 0,225, \lambda_0 = 0,0000981.$$

Man sieht, daß beide Constanten innerhalb so außerordentlich weiter Gränzen genau identisch bleiben.

Wenn ich einleitend auf die Nothwendigkeit eines Studiums der optischen Eigenschaften der gasförmigen Körper hinwies und dabei die von mir eingeschlagene Methode für die alleinig geeignete erklärte, so werden die mitgetheilten Versuche diese Ueberzeugung wohl befestigt haben. So sind denn über ein so delicates Problem wie die Farbenzerstreuung der Gase die ersten, erfolgreichen Messungen ermöglicht worden, und es konnte durch sie das wichtige Gesetz constatirt werden, daß die dispergirende Kraft in höherem Grade der wirksamen Substanz als solcher, als der mehr oder minder dichten Aggregation ihr Molecule zukommt. Eine Fortsetzung der Untersuchung, welche sich unter andern auch auf homologe Reihen zu erstrecken haben wird, behalte ich mir vor.

Was endlich die vorgeschlagene Formel betrifft, so glaube ich gezeigt zu haben, daß sie ihren Zweck in der einfachsten und umfassendsten Weise erfüllt. So lange es ihr an einer directeren theoretischen Begründung fehlt, mag auch sie als ein mehr oder minder glücklicher Interpretationsversuch angesehen werden.

Andererseits wird das unerwartete Ergebnis, zu dem die vorstehenden Rechnungen geführt haben, daß nämlich bei isotropen Körpern die Constanten der Brechung und Zerstreuung unabhängig von der physikalischen Constitution, dagegen wesentlich an die chemische Beschaffenheit ihrer Molecule geknüpft sind, wohl kaum länger bezweifelt werden dürfen. — Die einzige Ausnahme von der oben gegebenen Regel macht, wenigstens innerhalb gewisser Grän-

zen, das Wasser, da dessen Index, nach den Beobachtungen Jamin's und anderer, unterhalb 4° mit abnehmender Dichte wächst.

Ich schliesse diese Mittheilung mit einer Angabe der Brechungsindices der Luft für sämtliche Fraunhofer'sche Linien:

$$n_A = 1,00029286$$

$$n_E = 1,00029584$$

$$n_B = 1,00029350$$

$$n_F = 1,00029685$$

$$n_C = 1,00029383$$

$$n_G = 1,00029873$$

$$n_D = 1,00029470$$

$$n_H = 1,00030026$$

Bonn, 15. Januar 1865.

III. Ueber die Affinität der unzerlegten Körper; von P. Kremers.

Die früher (Bd. 120, S. 630 und Bd. 122, S. 245) zusammengestellten Atome besitzen die Fähigkeit, sich miteinander zu verbinden, nur innerhalb bestimmter Temperaturen. Die beiden Atome H und S verbinden sich z. B. nur bei Temperaturen, welche über dem Schmelzpunkte des Schwefels und unter der Glühhitze liegen. Fälle wie der vorgenannte, wo die beiden Gränzen der Affinität innerhalb bekannter Temperaturen liegen, sind verhältnissmässig selten, indem der Umfang der Affinität meistens so bedeutend ist, dass entweder nur eine (Pb und O) oder auch keine (K und Cl) der beiden Gränzen innerhalb bekannter Temperaturen liegt.

Wie an der untern, so wird auch wohl an der obern¹⁾ Gränze die Affinität kaum bemerkbar beginnen und also irgendwo ein Maximum erreichen, dessen Werth für jeden

1) Die obere Gränze der Affinität liegt je nach der Molecularträgheit der Verbindung mehr oder weniger unter derjenigen Temperatur, bei welcher die Verbindung in ihre Bestandtheile wieder zerfällt.

einzelnen Fall nicht minder charakteristisch seyn wird wie auch dessen Lage.

Sind die beiden Gränzen der Affinität weit von einander entfernt, so entspricht dem alsdann oft bedeutenden Wechsel der Affinität mitunter auch ein Wechsel des Verhältnisses, in welchem die Atome sich miteinander verbinden. Die Atome Ba und O verbinden sich z. B. an den beiden Gränzen der Affinität zu BaO, dagegen weiter von denselben entfernt zu BaO₂.

Um nun leicht verfolgen zu können, wie die Gränzlilien der Affinität in den verschiedenen Linien des Körpernetzes verlaufen, so sind in der nächstfolgenden Zusammenstellung ¹⁾ die einzelnen Atome einer Linie durch das eingeschobene Zeichen

niedriger < höher

getrennt, welch letzteres, je nachdem es unter oder über der Linie liegt, die untere oder obere Gränze der Affinität bezeichnet. Neben diesen Zeichen ist angegeben die Anzahl der überschriebenen Atome, welche sich mit einem Atome der Linie verbindet. Wo diese Zahl mit der Temperatur sich ändert, entspricht die untere der niedern, die obere der höhern Temperatur. Die bisher noch vereinzelt stehenden Beobachtungen dieser Art sind durch das über oder unter den Atomen stehende Zeichen — angedeutet ²⁾.

Gränzlilien der Affinität zwischen O und den Linien
erster Richtung.

			1	Ta Nb Ti	
	—		2	>	2
Li Na K			2	Sn . Si ³⁾	
>	>		1	— <	2
				—	1

1) Die Beobachter sind in dem Handbuche von Gmelin oder in den Jahresberichten angegeben.

2) Es bedarf hier wohl kaum der Erwähnung, daß die einzelnen Atome in möglichst entsprechenden Zuständen miteinander zu vergleichen sind.

3) Wo das Zeichen < unter oder über einem Atome liegt, ist dasselbe auf die beiden nebenliegende Atome zu beziehen.

Mg	Zn	Cd		Bi	Sb	As	P	
>			1				—	5
					>	>	>—	3

W	V	Mo	
—	—	—	3
—	>—	—	2

Te	Se	S	
	>		2

zweiter Richtung.

Li	Mg	Ca		Ti	Si	B	
—			2			>	2
—	<	>	1				

Na	Zn	Sr		Mo	.	S	
—			2	—			3
—	<	>	1	—	>		2

—		—	1				
—		—	2				
K	Cd	Ba					
—		—	2				
—	<	>—	1				

dritter Richtung.

H	Li			Si	C		
	—		2		—		1 ¹⁾
>—			1		>—		2

Cr	S	O ²⁾	
—	>		2
—			1

- 1) Diese von Barreswil (1854) beobachtete Reihenfolge entspricht nicht derjenigen, welche bei dem unweit von C liegenden Sn beobachtet wird.
- 2) $\text{Cr}_2\text{O}_3 = \text{CrO}, \text{CrO}_2$. An der Gränze der Verbindungsverhältnisse CrO und CrO_2 bedingt, gleichwie auch an der Gränze der Verbindungsverhältnisse PO_3 und PO_5 , die Molecularträgheit, daß gleichzeitig beide Verbindungen entstehen können. In dem vorliegenden Falle wird dies außerdem noch befördert durch die prädisponirende Verwandtschaft der Verbindungen CrO und CrO_2 .

1) D
Bu
2) D
da
na
3) S

Gränzlinien der Affinität zwischen S und den Linien
erster Richtung.

Li	Na	K ¹⁾	—	1
>	u	1	—	2
			Sn • Si	2
			<	1

Bi • Sb	As	P	—	5
u	u	>	—	3

J	Br	Cl	—	1
>	u			

zweiter Richtung.

Na	Zn	Sr	—	1
<				

K	Cd	Ba	—	1
<				

dritter Richtung.

Si	C	—	2
>			

Gränzlinien der Affinität zwischen Cl und den Linien
erster Richtung.

Li	Na	K	—	1
>	u	1	—	2

Zr • B ²⁾	—	2
<		

Te	Se	S	—	1 ³⁾
		>	—	2

1) Das Zeichen < ist auf alle die Atome zu beziehen, welche durch den Buchstaben u miteinander verbunden sind.

2) Diese Linie ist erweitert wahrscheinlich

Th . . . Zr • B;

das relative Gewicht des Atoms Th ist, wenn Thorerde = ThO₂ ist, nach Chydenius 118,3 und nach Delafontaine 115,8.

3) SCl absorbiert über 6° S und unter 6° Cl. Carius 1859.

zweiter Richtung.

Na	Zn	Sr		Ta	Sn	Zr	
<			1	>			2
K	Cd	Ba		Mo	.	S ¹⁾	
<			1	—			2
				—	>	—	1
						—	2

dritter Richtung.

H	Li		
>			1

Gränzlinien der Affinität zwischen Br und den Linien
erster Richtung.

Li	Na	K		Sn	.	Si	
>	u		1		<		2
				Bi	.	Sb	As
							P
							—
				>	u	u	—
							5
							3

zweiter Richtung.

Na	Zn	Sr		Ta	Sn	Zr	
<			1	>			2
K	Cd	Ba		W	.	Te	
<			1	—			3
				—	>		2

unbestimmter Richtung.

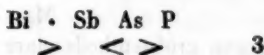
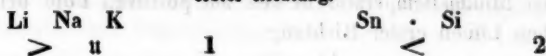
Al Fe Ce U

<		2 ²⁾
<		1

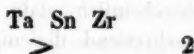
1) Die Verbindungsverhältnisse können hiernach bei den einzelnen Atomen derselben Linie in entgegengesetzter Weise einander folgen. Das vorerwähnte verschiedene Verhalten der Atome C und Sn deutet darauf hin, daß auch in jenem Theile des Körpernetzes dieselbe Erscheinung beobachtet werden kann.

2) $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{AlO}$, AlO_3 und $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{FeO}$, FeO_3 .

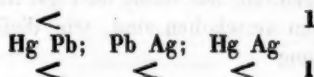
Gränzzlinien der Affinität zwischen J und den Linien
erster Richtung.



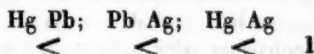
zweiter Richtung.



Gränzzlinien der Affinität zwischen O und den Diagonalen



Gränzzlinien der Affinität zwischen S und den Diagonalen.



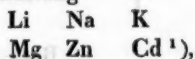
Der vorstehenden Tabelle zufolge sind die Gränzzlinien der Affinität zwischen O und den einzelnen Linien des Körpernetzes von den entsprechenden Gränzzlinien der Affinität zwischen S und den gleichen Linien des Körpernetzes weniger durch ihren Verlauf als vielmehr durch ihre relative Lage verschieden. Dasselbe Verhalten zeigen auch die Gränzzlinien der Affinität zwischen Cl oder Br oder J und den gleichen Linien des Körpernetzes. Während indess die Gränzzlinien der Affinität wenn auch vielleicht nicht in ihrer ganzen Ausdehnung so doch wenigstens grössentheils in niedrigere Temperaturen rücken, wenn das Atom O durch das schwerere Atom S ersetzt wird ¹⁾, so rücken dieselben dagegen in höhere Temperaturen, wenn das Atom Cl durch das schwerere Atom Br oder dieses durch das schwerere Atom J ersetzt wird ²⁾.

In nebeneinander liegenden Linien des Körpernetzes verlaufen die Gränzzlinien der Affinität häufig in gleicher

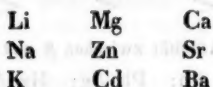
1) Untere und obere Affinitätsgränze zwischen H und ($\text{O} > \text{S}$).

2) Untere Affinitätsgränze zwischen Bi und ($\text{Cl}_3 < \text{Br}_3$) oder untere Affinitätsgränze zwischen S und ($\text{Br} < \text{J}$).

Weise. Bei steigendem Atomgewicht nähern sie sich z. B. einer Minimaltemperatur in den am positiven Pole befindlichen Linien erster Richtung

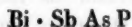


dagegen grösstentheils einer Maximaltemperatur in den am negativen Pole befindlichen Linien. Es ist daher wohl wahrscheinlich, dass, in einer Ebene von Linie zu Linie fortschreitend, diejenigen Punkte dieser Linien, bei welchen die Gränzlinien der Affinität eine Maximal- oder Minimaltemperatur erreichen, nur wenig oder gar nicht in der Richtung der Linien verschoben sind, wie dies in den Linien zweiter Richtung

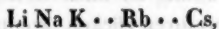


auch bereits beobachtet wird.

Der wellenförmige Verlauf der Affinitätsgränzen bedingt, dass bei constanter Temperatur die Affinität irgend eines Atoms zu den einzelnen Atomen einer Linie verschieden ist. Die Affinität des Atoms O zu den einzelnen Atomen der Linie



ist z. B. bei constanter Temperatur um so grösser je weiter die untere Affinitätsgränze in niedrigere Temperaturen rückt. Es ist daher auch wohl wahrscheinlich, dass in der Linie



in welcher die Affinität zu dem Atome O bei gewöhnlicher Temperatur von dem Atome Li bis zu dem Atome Cs beständig zunimmt, dass hier auch die untere Gränzlinie der

- 1) Wenn das Atom Y (34) neben dem Atome Mg und zwar in der Linie dritter Richtung liegt, so sind bei dem Atome Mg gleichwie auch bei dem entsprechend liegenden (Bd. 122, S. 249) Atome Si die ersten Differenzen der Atomgewichte in den Linien zweier Richtungen und zwar dort in den Linien erster und dritter, hier in den Linien zweiter und dritter Richtung annähernd gleich.

Affin
dig
Schl
ist, v
der A
nitäts
wo e
wurd
sind,
zunel
linie
so k
Linie
Temp
Körp
Aend
In

verlä
cher
dort
1:2,
bildet
KO
also
obere
existi
bei st
linie
sie si
weder
sich
gesetz
beoba

Affinität von dem Atome Li bis zu dem Atome Cs beständig in niedrigere Temperaturen rückt. Obgleich dieser Schluss in dem vorliegenden Falle deshalb wohl zulässig ist, weil die constante Temperatur, bei welcher die Gröfse der Affinität verglichen wurde, nur wenig über der Affinitätsgränze liegt, so möchte derselbe in andern Fällen, wo die Gröfse der Affinität bei Temperaturen verglichen wurde, welche von den Gränzen der Affinität weit entfernt sind, doch wohl etwas gewagt erscheinen. Da nämlich anzunehmen ist, dafs von den einzelnen Punkten einer Gränzlinie aus die Affinität in verschiedenem Grade zunimmt, so kann auch der Fall eintreten, dafs in den einzelnen Linien des Körpernetzes das Maximum der Affinität mit der Temperatur seine Lage ändert, die elektrischen Pole des Körpernetzes also, denen der Krystalle vergleichbar, durch Aenderungen der Temperatur verschoben werden.

In den beiden Linien erster Richtung

Li Na K . . Rb . . Cs

Bi . Sb As P

verläuft unweit von der untern Affinitätsgränze und in gleicher Richtung wie diese eine Linie gleicher Affinität, welche dort die Gränzlinie der Verbindungsverhältnisse 1 : 1 und 1 : 2, hier die der Verbindungsverhältnisse 1 : 3 und 1 : 5 bildet. Wenn nun bei höherer Temperatur wie KO_2 in KO und O, so auch PO_5 in PO_3 und O_2 zerfällt und also wie dort so auch hier eine der untern entsprechende obere Gränzlinie der Verbindungsverhältnisse 1 : 3 und 1 : 5 existirt, so nähern sich also in der Linie

Bi . Sb As P

bei steigendem Atomgewichte die untere und obere Gränzlinie der Verbindungsverhältnisse 1 : 3 und 1 : 5 derart, dafs sie sich schon bei dem Atome As schneiden und demnach weder dieses noch auch die schwerern Atome dieser Linie sich mit O_5 verbinden. Ein dem vorstehenden entgegengesetztes Verhalten wird in der Linie zweiter Richtung

Mo . S

beobachtet, woselbst nämlich das schwerere Atom Mo, nicht

aber das leichtere Atom S mit O₂ sich verbindet, die untere und obere Gränzlinie der Verbindungsverhältnisse 1:2 und 1:3 bei steigendem Atomgewichte sich also voneinander entfernen.

Werden die Gränzlinien der Affinität verglichen mit den Wellenlinien des Atomgewichts (Bd. 121, S. 566), des Aggregatzustandes (Bd. 122, S. 99), des Atomvolums (Bd. 122, S. 245) und der Wärmecapazität (Bd. 122, S. 588), so ist unter diesen Wellenlinien keine, deren Einfluss auf den Verlauf der Affinitätsgränzen stets überwiegend wäre. Als Resultante verschiedener Wellenlinien verfolgt vielmehr die Gränzlinie der Affinität eine bald durch diese bald durch jene Wellenlinie gegebene Richtung.

Die untere Gränzlinie der Affinität zwischen O₂ und der Linie



verfolgt z. B. eine durch die Wellenlinie des Atomgewichts gegebene Richtung, wohingegen auf die untere Gränzlinie der Affinität zwischen J₂ und der gleichen Linie überdiess auch die Wellenlinien des Aggregatzustandes und des Volums einen merklichen Einfluss äussern, indem die Maximaltemperatur, welche die untere Gränzlinie der Affinität in dem letztern Falle bei As erreicht, hauptsächlich wohl nur dem Einflusse dieser beiden Wellenlinien zuzuschreiben ist.

In der Linie



verfolgt von dem Atome Li bis zu dem Atome Rb die untere Gränzlinie der Affinität eine durch die untere Gränzlinie des flüssigen Zustandes gegebene Richtung. Der Einfluss dieser Wellenlinie ist indess nicht derart überwiegend, dass der Punkt (Rb), wo die untere Gränzlinie des flüssigen Zustandes ihre Minimaltemperatur erreicht, stets mit dem entsprechenden Punkte der untern Affinitätsgränzen zusammenfällt. Je nachdem die Linie



mit O oder S, mit Cl oder J sich verbindet, treten vielmehr noch weitere Einflüsse auf, welche durch die Individuali-

tät
die
ver

ist
die
nen
lum
men
ihre

durch
bloß
rend
dung

1) I

2) S

At

IV.

Ehe
Wass
eine
gemac
an Zei
wegen
verfuh

tät der einzelnen Atome bedingt sind und den Punkt, wo die untere Affinitätsgränze ihre Minimaltemperatur erreicht, verschieben.

In den Linien zweiter Richtung

Li	Mg	Ca
Na	Zn	Sr
K	Cd	Ba

ist der Einfluss, den die Wellenlinie des Atomvolums auf die untere Gränzlinie der Affinität ausübt, nicht zu verkennen, indem der Punkt, wo die Wellenlinie des Atomvolums ihr Minimum erreicht (Mg oder Zn oder Cd), zusammenfällt mit dem Punkte, wo die untere Affinitätsgränze ihre Maximaltemperatur erreicht ¹⁾.

Die vorstehenden Affinitätsgränzen werden verschoben durch den Einfluss verschiedener Körper, welche entweder blofs durch Contact oder zugleich auch durch prädisponirende Affinität wirken. In dieser Weise werden Verbindungen vermittelt, welche direct nicht darstellbar sind ²⁾.

- 1) Dieselbe Erscheinung also wie bei As in der mit J, verbundenen Linie
Bi • Sb As P.
- 2) SO₂ durch den Contact mit Pt oder NO₂ durch die prädisponirende Affinität von HO.

IV. *Ueber Gefrieren des Wassers und Hagels; von Dr. Berger in Frankfurt a. M.*

Ehe Dufour's Abhandlung »Ueber das Gefrieren des Wassers etc.« in diesen Ann. 114. 530 erschien, hatte ich eine Anzahl von Versuchen über denselben Gegenstand gemacht, deren weitere Verfolgung ich theils wegen Mangels an Zeit, theils der gelinden Witterung des Winters 1862/63 wegen auf den folgenden Winter verschieben mußte. Ich verfuhr bei denselben in anderer Weise als Dufour.

Größere Wassersphäroide stellte ich in einem Porzellanschälchen dar, welches ich anfangs mehrmals sorgfältig mit Ruß (Lampenabsatz) überzogen hatte; später aber bestreute ich die einfach berufste Oberfläche desselben mit Bärlappsaamen. Dieses letztere Verfahren ist weniger mühsam und der Versuch mißlingt weniger leicht. In die so dargestellte Sphäroide konnte die Kugel des bei meinen Versuchen über Sphäroidalzustand angewandten Thermometers vollständig eingetaucht und somit jede Temperaturveränderung in dem Wasser unmittelbar beobachtet werden.

Um eine größere Anzahl von jeder Berührung mit andern Körpern außer der atmosphärischen Luft freie Sphäroide von allerdings nicht sehr bedeutender Gröfse, aber von jeder beliebigen Kleinheit zu erhalten, bespritzte ich die Innenseite von gespaltenen Baumwollenwattetafeln mit Wasser.

Die auf beide Arten erhaltenen Sphäroide wurden der Winterkälte und der Beobachtung ausgesetzt.

Diese Methoden scheinen mir von der Dufour's, wenn es sich um Schlüsse auf meteorische Vorgänge handelt, nicht allein den Vorzug zu haben, dafs die Sphäroide nach einer Seite hin nur mit der Luft, nach der andern dagegen möglichst wenig und meist nur mittelbar mit fremdartigen Körpern in Berührung sind, sondern auch den, dafs man dieselben unmittelbar beobachten kann.

Die Resultate meiner Versuche sind nun folgende:

1. Bei einer Temperatur von -14 bis -16° C. und tiefer ging das eingetauchte Thermometer vor dem Gefrieren nie unter 0° herab.

Bei einer Temperatur von -4 bis -10° dagegen erkaltete der Tropfen auf -1 bis -4 und -5° ohne zu gefrieren — gleichgültig, welche Temperatur das eingegossene Wasser hatte, vorausgesetzt, dafs sie 0° überstieg, Bewegung der Luft, Blasen, Eintauchen von Eisen- oder Glasstäben von einer Temperatur über 0° , (nicht heftiges) Umrühren mit denselben übte keinen merklichen Einflufs auf das Erstarren aus. Wirksamer zeigte sich ein solcher

Stab, wenn er selbst eine Temperatur unter 0° besaß. Er überzog sich alsdann häufig mit einer Eistrinde, und darauf erfolgte im Sphäroide das Gefrieren, welches bekanntlich auch augenblicklich eintritt, wenn ein Eiskrystall eingetaucht wird.

Wenn das *semen lycopodii* oder der Rufs an irgend einer Stelle von dem Wasser benetzt wurde, so zeigte sich eine viel größere Neigung zum Gefrieren.

Wurde dieses nicht auf eine solche Weise herbei geführt, so erfolgte es, nachdem das Thermometer langsam auf die betreffende Temperatur herabgegangen war, ohne eine merkbare Ursache. Die Oberfläche gewann dabei ein trübes Ansehen, worauf das Quecksilber in der Regel rasch, seltener langsam, auf 0° stieg. Wenn man alsdann das Sphäroid herauszunehmen versuchte, so blieb das innere flüssig gebliebene Wasser zurück und man hatte eine aus vielfach sich durchkreuzenden Eisnadeln und Fäden gebildete sphäroidische Hülle. Die Thermometerkugel war von nach allen Richtungen schießenden Eisnadeln umgeben. Oefters aber war sie in schräger Richtung von oben nach unten fest umschlungen von vollständig platten und klaren Eisringen, die ihr ein schönes Aussehen verliehen.

Nicht selten zeigte sich die angegebene Trübung der Oberfläche vorerst nur in einer das Sphäroid durchsetzenden geraden Linie. Diese war dann die oberste Gränze eines Eisgebildes, welches einer vom Fenster losgelösten federförmigen Eisblume glich. Nach einiger Zeit fanden sich im Wasser viele Eisplättchen.

Die Bildung von Fensterblumen findet bekanntlich auch auf horizontal liegenden Glastafeln statt. Geschmolzener Schwefel, auf einer solchen in dünnen Schichten ausgebreitet, liefert ganz ähnliche Figuren¹⁾. Bestreut man eine aufgegossene Wasserschicht mit *semen lycopodii*, so ordnet sich dasselbe nach den beim Gefrieren darunter entstehenden

1) Die Abhandlung war schon geschrieben, als Hr. Prof. Böttger seine schönen Krystallfiguren aus wässrigen Lösungen verschiedener Salze im hiesigen phys. Verein zeigte.

Figuren; ebenso das auf Wassersphäroide gestreute *semen lycopodii*. Beim Wiederaufthauen werden diese Figuren allmählig wieder undeutlicher und verschwinden endlich.

Je größer die Sphäroide waren, desto weniger leicht ging im Allgemeinen ihre Temperatur vor dem Gefrieren unter 0° herab. Diefes trägt zur Beseitigung des übrigen kaum gerechtfertigten Zweifels bei, ob wohl kleinere Sphäroide, deren Temperatur nicht mehr direct gemessen werden kann, wirklich auch bis zur Temperatur der Umgebung erkaltet seyen, wenn sie nicht mehr gefrieren.

Auf Watte dargestellte Sphäroide erstarrten, übereinstimmend mit denen Dufour's, um so schwieriger, je kleiner sie waren. Sehr kleine Tröpfchen waren viele Stunden lang der heftigsten Kälte des verflossenen Winters ausgesetzt, ohne zu gefrieren. Nur wenn solche Sphäroidchen aus Wasser von 0° dargestellt wurden, gefroren sie alsbald.

2. An den Sphäroiden auf Watte konnte man den weiteren Fortgang des Gefrierens leicht beobachten. Längere oder kürzere Zeit nach dem Gefrieren der Oberfläche zeigte sich im Innern ein weißer, nicht scharf abgegränzter Kern. Zerschnitt man nun eine solche Eiskugel, so sah man von allen Seiten Eiskrystalle in die Mitte hineinragen. Die Zwischenräume waren entweder mit noch flüssigem Wasser ausgefüllt, oder auch leer. Bei längerem Liegen in der Kälte dehnte sich das weiße Aussehen immer mehr gegen die Oberfläche hin aus, bis endlich auch diese durch eine Art Zerklüftung ihre Durchsichtigkeit verlor. Kleinere Sphäroide verloren dabei auch ihre runde Gestalt, indem sich mehr oder weniger scharf ausgeprägte Ecken zeigten. Je stärker die Kälte, desto rascher war der ganze Vorgang beendet, an kleineren Sphäroiden natürlich viel rascher als an größeren. Oefter geschah es, dafs während die weiße Färbung nach der Oberfläche vorschritt, sich kleine Oeffnungen bildeten, aus denen das im Innern befindliche noch flüssige Wasser hervorquoll.

Bringt man auf ein so gefrorenes Sphäroid wieder

Wa
Die
rühr
du
aber
her
All
eine
die
dem
wird
oft
ganz
unte
größ
der
nen
die
fläch
ist,
sche
lass
dar
lich
abg
Stru
mas
nach
Rin
aber
beso

Wasser in nicht zu geringer Menge, so gefriert es alsbald. Die neue Oberfläche ist klar und durchsichtig; an der Berührungsfläche mit dem Sphäroid befindet sich ebenfalls ein durchsichtiger Ring. Inmitten der neu aufgegossenen Schicht aber tritt ein weißer, wieder nicht klar abgeschiedener Ring hervor von derselben Beschaffenheit wie vorhin der Kern. Allmählich verbreitet sich dieser nach beiden Seiten, so daß einerseits die Oberfläche wieder undurchsichtig, andererseits die Abgränzung zwischen dem ursprünglichen Sphäroid und dem neu aufgegossenen Ring mehr und mehr undeutlich wird; es geht übrigens dieß letztere fast nie so weit, selbst oft nach tagelangem Liegen nicht, daß der Unterschied gänzlich verschwände und die beiden Theile nicht mehr zu unterscheiden wären.

Durch Wiederaufgießen von Wasser kann man eine größere Anzahl solcher Ringe erhalten, die sich je nach der Neigung, welche man der Wattetafel nach verschiedenen Seiten hin giebt, in der mannichfaltigsten Weise um die Kugel und über einander lagern.

Wenn man neues Wasser aufgießt, sobald die Oberfläche eines Ringes gefroren und ehe der Kern ausgebildet ist, so kann man die einzelnen Ringe natürlich nicht unterscheiden.

Hat man ein kleines Sphäroid ganz weiß gefrieren lassen und gießt alsdann eine größere Wassermenge darauf, so ist nach dem Gefrieren der innere Kern deutlich und scharf von dem äußeren Ring oder den Ringen abgegränzt. Er hat aber alsdann nicht die lockere, poröse Structur, die der Kern einer größeren gefrorenen Wassermasse hat.

Trägt man nur sehr kleine Mengen Wassers nach und nach auf ein gefrorenes Sphäroid auf, so werden einzelne Ringe nicht unterscheidbar; die ganze Eismasse erscheint aber getrübt.

Einen ähnlichen Vorgang, wie den hier ins Einzelne beschriebenen, hat man übrigens Gelegenheit an jedem

Brunnen zu beobachten. Betrachtet man nämlich die Eiszapfen, welche sich an Brunnen etc. aus den nacheinander hängen gebliebenen Wassertropfen ansetzen, so findet man sie, wenn sie sich bei geringer Kälte oder noch nicht lange gebildet haben, fast ganz durchsichtig; nur hie und da bemerkt man einen weissen Querschnitt im Innern. Bei strenger Kälte aber sieht man immer breitere halbkugelförmige, weisse, faserige mit schmäleren durchsichtigen Querstücken abwechseln. Zerbricht man einen solchen Zapfen, so bricht er meist an der durchsichtigen Stelle und zwar so, daß der Form jener Querstücke entsprechend der untere Theil eine concave, der obere (dickere) eine convexe Bruchfläche darbietet. Betrachtet man ihn der Länge nach durch die Bruchfläche hindurch, so sieht man eine weisse, poröse cylindrische Säule, umgeben von einem klaren, durchsichtigen Ringe. An älteren, bei strenger Kälte gebildeten Zapfen sind die Unterbrechungen durch klare Querringe oft kaum mehr bemerkbar, selten aber unkenntlich. Die Bruchfläche solcher älteren Zapfen läßt öfter erkennen, daß derselbe Vorgang sich wie in die Länge, so auch in die Breite geltend gemacht hat. Man sieht den weissen Kern von einem durchsichtigen Ring, diesen wieder von einem weissen breiteren und diesen von einem schmäleren durchsichtigen Ring umgeben.

Ofter findet man auch Eiszapfen, welche hohl sind. Wahrscheinlich ist hier der erste Ansatz nach dem Gefrieren der Oberfläche durch irgend eine äussere oder innere Ursache, wie z. B. einen durch die Ausdehnung bewirkten Druck nach unten geöffnet worden; so daß das innere Wasser herauslaufen konnte; das später herabfliessende Wasser setzte sich alsdann am Rande an, und erst weiter unten, wo der Zapfen sich allmählich mehr zuspitzte, floss es wieder zusammen und bildete sich ein geschlossener Cylinder.

3. Bringt man eine in strenger Kälte gebildete Eiskugel, deren Oberfläche noch durchsichtig ist, in einen

feuchten Raum, so beschlägt diese sich mit einem dichten feinen Reif und wird somit trüb.

Läßt man an einem durchgefrorenen Sphäroid eine oberflächliche Schmelzung eintreten und bringt es alsdann wieder in die Kälte, so bildet sich ein vollständig glatter Eisüberzug, an dem man jene Streifen und Runzeln nicht mehr wahrnehmen kann, welche man anfänglich bemerkte, und der bei fernerm Verbleiben in der Kälte auch nicht mehr zerklüftet.

Bringt man zwei nahe bei einander liegende Eissphäroide, nachdem man sie einer oberflächlichen Schmelzung unterworfen, in der Kälte in unmittelbare Berührung, so haften sie vermöge einer dem Wasser unmittelbar vor dem Gefrieren eigenthümlichen Zähigkeit aneinander.

Füllt man den Zwischenraum zwischen zwei solchen Kugeln mit Wasser aus und läßt dieses gefrieren, so sieht man alsbald einen Quersprung etwa in der Mitte der Verbindungsmasse, der Complex zerbricht leicht an dieser Stelle und die Bruchflächen haben ein muscheliges oder zackiges Aussehen.

Verbindet man auf diese Weise eine größere Anzahl von Kugeln und zerschlägt sie alsdann wieder, so erhält man eben so viele Eiskörper, als ursprünglich Kugeln vorhanden waren; letztere bilden den weissen Kern derselben und die Form ist abhängig von der Zahl der Kugeln. Den hierbei stattfindenden Vorgang kann man leicht an einer dünnen Wasser- oder besser Schwefel-Schicht auf Glas beobachten. Das Erstarren beginnt z. B. an zwei Punkten und geht von beiden gleichmäfsig weiter. Da wo beide feste Schichten zusammentreffen, sieht man eine Scheidelinie entstehen. Macht man eine etwas dickere Schwefelmasse flüssig und bringt zwei Stückchen festen Schwefels an zwei entgegengesetzte Enden derselben, so findet dasselbe statt; wenn aber das Erstarren beiderseits unregelmäfsig vorschreitet, was um so leichter geschehen kann, je dicker die Schicht ist, so schiefsen die Krystalle in einander über und die Scheidelinie wird undeutlich. Die Ursache

jenes Sprunges scheint also in einem gleichmäßigen gegenseitigen Abschlufs der Krystalle zu liegen ¹⁾).

Wenn man auf ein überkaltes ²⁾ Sphäroid Schneekrystalle bringt, so sinken dieselben nicht ganz ³⁾, sondern nur theilweise in dasselbe ein. Während es rasch gefriert, steigt das Wasser am Krystall hinauf: es bilden sich Zacken, die klar und durchsichtig sind und erst nach längerem Liegen in der Kälte sich trüben. — Uebergießt man Schneekrystalle mit kaltem Wasser, so sieht man anfangs ebenfalls höchstens eine schwache Trübung. Erst bei vollständigem Gefrieren — wo es auch ohne diese geschähe — bildet sich der eigentliche Kern aus.

4. Stellt man auf drei Wattelappen Sphäroide aus Wasser von derselben Temperatur dar und bringt sie gleichzeitig in die Kälte, so zwar, daß man den ersten rasch auf und ab bewegt, den zweiten ruhig liegen läßt, den dritten an einem Faden aufhängt, so daß er dem Spiele der Luftbewegungen überlassen bleibt, deren Wirkung durch Ausweichen nach der Seite des geringeren Drucks vermindert wird, so gefriert das Wasser in der Regel auf dem ersten am schnellsten, auf dem letzten am langsamsten. Es folgt daraus, daß die Bewegung der Luft, wenn die überkalten Sphäroide auch eine gewisse Unempfindlichkeit gegen dieselbe zeigen, doch nicht ohne Einfluß auf ihr Gefrieren ist, daß letzteres um so rascher erfolgt, je kräftiger dieser Einfluß wirkt. Dasselbe läßt sich noch auf eine andere Art beweisen. Stülpt man nämlich auf die Sphäroide eines Wattelappens ein niedriges Becherglas, welches vorher in der Kälte gestanden hat, um die Temperatur der Atmosphäre anzunehmen, während man die eines andern frei an der Luft liegen läßt, so daß der horizontale Luftstrom

1) Im Innern einer größern gefrierenden Wassermasse scheint ein ganz analoger Vorgang stattzufinden (Volger, »Ueber das innere Gewebe der Eisdecke auf stehendem Wasser«, in Berichte des deutschen Hochstiftes, 1864, S. 22.)

2) Diesen Ausdruck gebrauche ich nach E. Edlund (Pogg. Ann. Bd. 121, S. 515) für unter 0° erkaltetes Wasser.

3) Vergl. Pogg. Ann. Bd. 114, S. 544.

ungehindert, der durch die Abkühlung bewirkte vertikale kräftiger wirken kann, als im ersten Falle, so gefrieren die Sphäroide auf dem letzteren Lappen in der Regel viel rascher als auf dem bedeckten. Der Zeitunterschied wird nur dann unbedeutend, wenn die Kälte sehr groß ist, so daß das Gefrieren fast augenblicklich erfolgt.

5. Viele Physiker nehmen an, zur Hagelbildung sei vorgängige Schneebildung in beträchtlicher Höhe nothwendig. Die Hauptveranlassung zu dieser Ansicht war jedenfalls der schneeige Kern der Körner; und Kämtz wendet gegen C. v. Buch's Theorie, wonach der Hagel gefrorener Regen ist, ein, daß gefrorene Wassertropfen jenen Kern nicht haben können. Die oben angeführten Versuche beweisen, daß dies allerdings der Fall sei und daß, wenn wirklich das Wasser sich um eine Schneemasse herum gelagert hätte, diese doch nicht als die Ursache des Aussehens bezeichnet werden könne.

Der Kern wirklicher Hagelkörner hatte übrigens in den von mir beobachteten Fällen durchaus keine so große Aehnlichkeit mit zusammengeballten Schneemassen. Am 3. März 1861 hagelte es des Abends 5 Uhr, nachdem der Himmel den ganzen Tag über heiter gewesen war, etwa 5 Minuten lang bei starkem Sturm. Die eiförmigen Hagelkörner hatten einen Querdurchmesser von $\frac{1}{2}$ —2", einen Längendurchmesser von 3—4". Fast alle hatten an der Spitze einen weißen, sehr festen, von der übrigen ganz durchsichtigen Eismasse scharf abgegränzten Kern, welchen man unmöglich als eine Schneemasse bezeichnen konnte. Vielmehr glichen die Körner vollständig den von mir durch Auftragen von Wasser auf einem festgefrorenen dünnen Kern gebildeten. Unter den kleineren waren einzelne — mitunter kugelfunde — ohne diesen Kern. Diese hatten aber im Innern mehr oder weniger spärliche weiße Fasern, welche wiederum nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit Schneekrystallen hatten. Man kann vielmehr bei der künstlichen Darstellung solche Fasern beobachten, wenn eben der weiße Kern sich zu bilden beginnt. Der Kern von eigentlichem

Sommerhagel schien mir durchaus mehr Aehnlichkeit mit dem Gewirre von Eisnadeln zu haben, welches beim Gefrieren größerer Wasserkugeln entsteht, als mit zusammengeballten zarten Schneekrystallen. — Auch sind die *cirri*, in welchen die Schnee- und Hagelbildung stattfinden soll, nicht immer vorhanden. So fehlten sie z. B. in dem oben angeführten Falle; De Luc, der auch jener Ansicht huldigte, nahm sie zurück, als er hageln sah, ohne daß sie vorher entschieden ausgebildet waren. Selbst Kämtz beobachtete Hagelwetter, bei welchen sie fehlten.

Es dürfte also hinlänglich bewiesen seyn, daß Schnee- und Hagelbildung, obgleich sie aller Wahrscheinlichkeit nach sehr häufig gleichzeitig mit der Hagelbildung stattfindet, dieser jedoch nicht unbedingt voran gehen müsse, daß die Annahme derselben also nicht den nothwendigen Bestandtheil einer Hageltheorie ausmachen dürfe, wie dies auch in neuerer Zeit noch häufig der Fall ist.

Ist bloß die Oberfläche einer Wasserkugel gefroren und der Kern noch flüssig, so hat man die von Arago als »gefrorene Regentropfen« bezeichnete dritte Art von Hagelkörnern. Am 25. März 1860 hatte ich Gelegenheit, solche bei Gießen zu beobachten. In dem Zeitraum von 4 bis 6½ Uhr Abends zogen viermal schwarze Wolkenbänke, von heftigem kaltem Sturm begleitet, von Südwest herauf, denen jedesmal Windstille und eine mehr oder weniger vollständige Aufheiterung des Himmels folgte. Eine derselben entsandte neben Regen auch kleine kugelförmige Eiskörner von weniger als 1^{mm} Durchmesser. Diese waren vollständig durchsichtig; und wenn man sie leicht zwischen den Fingern rieb, verschwanden sie plötzlich, offenbar nachdem die Eiskrinde abgerieben war. Am 4. März 1860 fielen des Morgens zwischen 10 und 11 Uhr Eismassen von zweierlei Form. Die einen waren unregelmäßig gestaltete (mitunter sechsseitige Pyramiden), locker zusammenhängende, weißliche Massen von $\frac{1}{2}$ — 1½^{mm} Durchmesser — offenbar zusammengeballte Schneemassen, eigentliche Graupeln. Die Körner der anderen Form waren wieder durchsichtige Kügelchen

oder dreiseitige Pyramiden, die beim Reiben zwischen den Fingern wieder alsbald zerfielen.

6. In jüngster Zeit ist die Thatsache, daß das Wasser unter 0° erkalten kann, in mehrere Hageltheorien aufgenommen worden. Daß das Wasser in der Atmosphäre wirklich unter 0° erkaltet, ist durch mehrfache Beispiele nachgewiesen. Auch ich habe in einzelnen Fällen die Beobachtung gemacht, daß die Temperatur der Luft unter 0° , die Nebelmasse aber noch flüssig war; erstere war jedesmal äußerst ruhig.

Daß jenes Ueberkalten auch bei Hagelwettern stattfindet, ist nicht nachgewiesen. Wohl aber ist durch die angeführten Versuche nachgewiesen, daß Bewegung das Erkalten unter 0° und zwar um so leichter beeinträchtigt, je größer die Tropfen sind, so daß bei Sphäroiden von nur einiger Größe es keines Anstosses durch Krystalle mehr bedarf, wenn die Bewegung anhaltend einwirkt; und bekannt ist, daß bei Hagelwettern immer eine starke Bewegung der Atmosphäre stattfindet. Die Annahme dieser Erkalting als Bedingung der Hagelbildung ist also jedenfalls gewagt.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß, wie die Schnee- bildung der Hagelbildung vorangehen oder sie begleiten, so auch das Wasser, aus dem die Körner entstehen, vielleicht unter 0° erkalten kann¹⁾, daß aber Hagelbildung stattfinden kann ohne beide, sobald die Möglichkeit zur Verwirklichung der durch die oben angeführten Versuche eingeleiteten Vorgänge in der Atmosphäre gegeben ist.

7. In einem Aufsätze über Nebel habe ich nachgewiesen, daß dessen Bildung im Allgemeinen von zwei einander in vertikaler Richtung begegnenden Luftströmen, einem kalten herabsinkenden und einem warmen aufsteigenden, abhängig ist. (Der Fall, wo bloß ein warmer Strom

1) Am 12. Juli d. J. fielen nach den Berichten eines Reisenden am Vierwaldstädter See bei einem Hagelwetter, von nicht sehr starkem Wind begleitet, Eismassen von der Größe und Form eines Fünffrankenthalers. Diese dürften wohl aus überkaltem Wasser entstanden seyn.

emporsteigt und dabei seine Feuchtigkeit condensirt, kommt im wesentlichen auf dasselbe heraus.) Dem dabei stattfindenden Wechsel zwischen Condensation und Auflösung entspricht die seitdem von Hrn. Dellmann gemachte Beobachtung, »wonach sehr wahrscheinlich jede Wolke elektrisch ist und die Elektrizität fortwährend in ihr wechselt.« Der S. 459 jener Abhandlung ausgesprochene Satz: »Die Dunstkügelchen werden also im kalten Strom gebildet und durch denselben abwärts geführt, durch den warmen emporgerissen und aufgelöst«, erklärt die Erscheinungen in einer Nebelmasse jedoch nicht vollständig und richtig, wie sich aus Folgendem ergibt:

An der Berührungsstelle zwischen beiden Strömen muß nämlich Condensation, — indem aber der aufsteigende Strom fortwährend kälter, der absteigende wärmer wird, — im Innern des ersteren Ausscheidung, im letztern Aufnahme von Feuchtigkeit stattfinden.

Sowie in dem aufsteigenden Strom durch Abkühlung Uebersättigung eingetreten ist, entstehen Nebelkörperchen und werden mit in die Höhe gerissen um so leichter, je mehr die Steigkraft durch die Condensation vergrößert wird. Wenn jene schwächer wird, sinken sie nach Verhältniß ihrer Schwere zurück, indem sie theilweise herabfallen, zu einem großen Theil aber, wie es scheint, in den kalten Strom hinüber wirbeln. Wenn die Steigkraft $= 0$ geworden, hört auch die Condensation auf.

Die in den kalten Strom übertretenden Körperchen werden so lange vollständig aufgelöst, als dieser noch nicht gesättigt ist. Ist er es aber, so wird der Dunst in dem oberen Theile desselben bleibend sichtbar seyn und sich so lange mehren, als die Zahl der zugeführten Kügelchen die der aufgelösten übertrifft, vermindern aber, sobald das Umgekehrte stattfindet. Seine untere Nebelgränze wird sich also da befinden, wo er fähig wird, allen zugeführten Dunst aufzulösen.

Die Temperaturdifferenz der beiden Ströme wird an allen Stellen im Allgemeinen ziemlich gleich angenommen

werden können. Im oberen Theil einer Wolke, wo beider Feuchtigkeitsgehalt gering, und im untern, wo der kalte Strom nicht mehr oder auch möglicherweise der warme noch nicht gesättigt ist, wird ihre Berührungsgränze weniger, in der Mitte mehr Dunstkörperchen bilden, die ebenfalls grossentheils mit dem kalten Strom nach unten gehen. Die obere und untere Wolkengränze an dieser Stelle wird da seyn, wo die Mischungstemperatur der beiden Ströme gerade den Zustand der Sättigung bedingt.

Je mächtiger die Vertikalströmungen sind und je rascher sie vor sich gehen, desto weniger wird eine Ausgleichung zwischen den einzelnen Theilen stattfinden, desto selbstständiger werden sie hervortreten. In einem einseitig abgekühlten Kochfläschchen, wo die beiden Ströme in ungestörtem Kreislauf unmittelbar in einander übergehen, zeigt sich die untere dunstarme Gränze sehr deutlich unmittelbar über der Flüssigkeit; die vollständige Ausbildung der obern wird durch den Boden des Kochfläschchens in der Regel verhindert.

Es ist in dem erwähnten Aufsatze gezeigt worden, dafs bei einer allmählichen Ausgleichung der Temperaturdifferenzen sanfte Regen (Schnee), bei heftiger Condensation durch grofse Temperaturdifferenzen Platzregen und Hagel entstehen können¹⁾. Bei den Hagelwettern, den mächtigsten Vorgängen ihrer Art, wo die Strömungen noch durch die Reflexion an der Erde modifirt und verstärkt werden, tritt ihre Wirksamkeit sehr deutlich in den sackartigen Aus- und Einbuchtungen nach unten hervor; und bei einem Gewitter, welches ich auf dem Rigi beobachtete, sah man den aufsteigenden Strom der heranrückenden Wolkenmasse in mächtigen zungenförmigen Zügen hoch empor strömen,

1) Die dabei angenommene Entstehung eines leeren Raumes durch Condensation könnte dann erst verworfen werden, wenn bewiesen würde, dafs die die Wärme schlecht leitende Luft in derselben Zeit sich ausdehnte, in welcher die Condensation erfolgt (vergl. Reye, über vertikale Luftströme in »Zeitschrift für Mathematik und Physik von Cantor und Schlömilch, 1864, S. 251).

während das Wasser dem aufblickenden Beobachter in's Gesicht fiel, sobald er von demselben eingehüllt war.

Die gesteigerte Heftigkeit giebt nun keinen Grund ab, den Hagel von den übrigen festen Niederschlägen in der Betrachtung abzusondern. Vielmehr sind diese nach einem andern Gesichtspunkte in zwei Gruppen zu theilen. Sie entstehen nämlich, wie bekannt, entweder dadurch, daß der elastische Dampf sich erst in Flüssigkeit verwandelt, welche alsdann gefriert, oder dadurch, daß er, jene Zwischenstufe überspringend, unmittelbar zu Eis wird. Nach Schumacher¹⁾ haben die Gebilde letzter Art im Allgemeinen geradlinige, die der ersteren krummlinige Umrisse, mehr oder weniger kugelförmige Gestalt, obschon bei ihnen die Tendenz zu regelmäßiger sechsstrahliger Ausgliederung nicht und zwar um so weniger zu verkennen ist, je kleiner die gefrierende Masse ist, und wenngleich die mikroskopische Untersuchung auch bei ihnen ein krystallinisches Gefüge nachweist. Zu ihnen gehören viele Schneegebilde ebensowohl als der Hagel.

Kann nun die Bildung unmittelbar aus Dampf nur bei einer Temperatur unter 0° stattfinden, so ist leicht ersichtlich, daß sobald der kalte, herabfallende Luftstrom einigermaßen weit unter diese Temperatur erkaltet ist, wenn auch nicht durchschnittlich, so doch hie und da sich Schneekrystalle aus Dampf bilden müssen, indem bei dem bunten Gewirre von Strömungen kleinere warme Luftmengen mit größeren kalten zeitweise zusammentreffen, ebenso wie das Umgekehrte stattfinden kann.

Wenn sich aber Wasserkügelchen gebildet haben, so kann deren Gefrieren, wenn es nicht durch eine innere Ursache erfolgt, bewirkt werden: 1) durch Berührung mit schon vorhandenen, etwa aus Dampf gebildeten Eiskrystallen. Auf diese Art scheinen mancherlei Schneegebilde, wie die mit Stielen und Fäden (wollige Klümpchen) versehenen zu entstehen, indem die Krystalle theilweise in das Sphäroid eindringen und dessen Wasser sich rasch ge-

1) Schumacher, Krystallisation des Eises, S. 93.

frie
Die
je
ren
die
and
den
jen
der
auf
gef
Art
kon
wei
Zei
fläc
von
den
mas
nur
nie
figu
0°
stär
Str
sch
abw
kl
sch
Ist
Wi
gro
frie
eine
1)

frierend an denselben hinaufzieht; — 2) durch Bewegung. Diese wird ihren Einfluß um so weniger geltend machen, je kleiner die Kügelchen sind, sehr leicht aber bei grösseren, wie bei den Hagelkörnern. Dufour vermuthet auch die Dazwischenkunft der Elektricität. In wiefern diese und andere Ursachen wirken, bleibt dahingestellt.

Fallen überkalte Wassertropfen herab, ohne daß eine jener Ursachen vorher eingetreten ist, so entstehen Eisregen, deren ich selbst zwei beobachtet habe, die beide in einer äußerst ruhigen Atmosphäre herabfielen. Nur oberflächlich gefrorene Kugeln sind, wie schon bemerkt, Arago's dritte Art von Hagelkörnern. Gefrieren sie vor dem Herabkommen bis in's Innere, so erhalten wir Eiskugeln mit weißem Kern und durchsichtiger, wenn sie aber längere Zeit in der Kälte verharret haben, mit zerklüfteter Oberfläche — ganz undurchsichtige Körner. Diese letztere Art von Gebilden ist aber fest und wohl zu unterscheiden von den leicht zerdrückbaren offenbar zusammengeballten Schneemassen, wie ich sie oben erwähnt habe. Ihre Bildung wird nur dann leicht möglich seyn, wenn die beiden Ströme eine niedrige Temperatur besitzen. Es scheinen ihr viele Schneefiguren anzugehören¹⁾.

Wenn dagegen der warme Strom eine Temperatur über 0° hat, so wird die Oberfläche des Körpers, der selbstverständlich bald von dem einen, bald von dem andern dieser Ströme ergriffen und mit ihm fortgeführt wird, in jenem schmelzen. Sie kann alsdann im kalten Strom allerdings abwechselnd wieder gefrieren, aber nicht wohl mehr zerklüften.

Die Oberfläche wird aber im warmen Strome nicht bloß schmelzen, sie wird auch in der Regel Dampf condensiren. Ist die condensirte Wassermenge klein, so entsteht bei Wiederholung des Vorganges eine trübe Eismasse; ist sie groß und die Kälte stark genug, so wird sie beim Gefrieren im kalten Strom auf die oben angegebene Weise einen weißen Ring bilden, der den Kern nur dann ganz

1) Sitzungsber. der Wien. Akad. 35, S. 216—219.

und gleichmäfsig umschliessen wird, wenn irgend eine Ursache zu gleichmäfsiger Vertheilung, wie z. B. eine rotirende Bewegung, gegeben war; sonst findet eine theilweise Umschliessung statt, wie man sie meistens bei den Hagelkörnern findet. Hat sich ein Korn einmal nach einer Seite hin vergrößert, so wird die Wahrscheinlichkeit immer gröfser, dafs es nach dieser Seite hin immer mehr wächst, weil die durch Zuwachs vergrößerte Seite mit immer gröfserer Stabilität nach unten hängt, wohin das neu hinzukommende Wasser fließt; so bildet sich die Eiform aus. Die Spitze, welche nach L. v. Buch beim Herabfallen nach oben gerichtet ist, erhält nur einen geringen Zuwachs durch das hängen-gebliebene Wasser — der weisse Kern wird sich im oberen Theile des Kornes befinden und im Allgemeinen, um so weiter gegen die Mitte, je gröfser die erste gefrierende Kugel im Verhältnifs zu dem spätern Zuwachs war. Wie sehr übrigens diese einfachste Form durch vielfache Bewegung sich vermännichfaltigen kann, ist leicht ersichtlich.

Durch den eben beschriebenen Vorgang scheinen wie Hagelkörner, so auch viele Schneefiguren zu entstehen. Letzteres wird durch die mikroskopischen Untersuchungen Rohrer's¹⁾ bewiesen.

Haben sich in einer Wolke Eiskörner gebildet, ist ferner in dem warmen Strome eine oberflächliche Schmelzung eingetreten und treffen nun solche Körner zusammen, während sie wieder in den kalten Strom übertreten, so gefrieren sie aneinander. Läßt man ferner die sich verbindenden Körper in Form und Gröfse, von dem Schneekrystall bis zur vollständig und unvollständig ausgebildeten Kugel, vom verhältnismäfsig außerordentlich kleinen bis zum gleichen Durchmesser derselben wachsen, bedenkt man ferner, dafs hiebei oft Zwischenräume entstehen müssen, dafs andererseits um einen solchen Complex sich wieder verbindende und ausfüllende Wassermassen condensiren können, dafs weiter bei heftigem Durcheinanderdrängen der Luftströme die Eismassen aufeinander schlagen müssen, dafs sie ferner

1) Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 35, S. 218.

wie oben erwähnt, an der Verbindungsfläche mehrer Kerne sich sehr leicht trennen; so wird keine Hagelform, die von Harting und die von Delcros untersuchten und oft erwähnten mit einbegriffen, mehr unerklärt bleiben¹⁾.

Die Hagelbildung schliesse sich demnach genau an die Bildung der übrigen atmosphärischen Niederschläge an und unterschieße sich von diesen durch nichts als durch die Stärke der alle bedingenden Ursachen: der Temperaturdifferenz und des Feuchtigkeitsgrades der beiden Ströme.

Es blieben nun der Vorgang an sich, die einleitenden Umstände, die Form und Zahl der Wolken, der locale Charakter usw. näher zu betrachten. Davon jedoch in einem späteren Aufsatze!

V. Ueber einen Hydrophan von Czerwenitz; von E. Reusch.

In seiner neuesten Arbeit über Gasdiffusion hat Graham statt des bisher gebrauchten Gypspropfes am oberen Ende des Diffusionsrohrs eine dünne Graphitplatte mit gutem Erfolge angewendet. Es hat mich das veranlaßt zu untersuchen, ob der so poröse Hydrophan sich nicht auch als diffundirendes Medium eigne; meine Vermuthung hat sich bestätigt. Während der Bearbeitung der hiezu nöthigen Platten bin ich überdiess auf eine artige Erscheinung gestossen, welche unterdessen Allen, denen ich sie gezeigt habe, Vergnügen gemacht hat. Sie besteht kurz in Folgendem: eine etwa millimeterdicke, beiderseits polirte, Hydrophanplatte wird zuerst in *Alkohol* bis zu vollkommener Aufhellung gelegt, dann herausgenommen und abgetrocknet.

1) Pogg Ann. Bd. 13, S. 344, Bd. 16, S. 499, Bd. 17, S. 435, Bd. 114, S. 531. — Kämtz, Lehrb. der Met. Bd. II, S. 496, ff. — Schmid, Lehrb. d. Met. S. 764. — Harting, Skizzen aus der Natur, deutsch von Martin usw. usw.

In der Luft wird sie schnell trüb, aber jetzt in Wasser gebracht, hellt sie sich sehr rasch wieder auf. Nun aus dem Wasser genommen und abgetrocknet, zeigt die Platte nach wenigen Secunden schöne Dendritengebilde, die zwar bald in der allgemeinen Trübung verschwinden, aber durch Wiedereintauchen in Wasser und Wiederabtrocknen sehr oft hinter einander hervorgerufen werden können.

Im Folgenden werde ich zuerst einige Bemerkungen über die Herstellung der Platten machen, dann die Gasdiffusion durch den Hydrophan, und zuletzt sein Verhalten gegen einige Flüssigkeiten besprechen.

I. Das Material zu meinen Versuchen verdanke ich der hiesigen Mineraliensammlung; es stammt von Czerwenitza in Ungarn und ist aus der Glocker'schen Sammlung in die hiesige übergegangen. Mit einer in einen Bogen gespannten, durch Eisenlineale geführten Drahtsehne wird der Stein unter Auftragen von Schmirgelbrei leicht in Scheiben zerschnitten. Nachdem dieselben auf einer Seite eben geschliffen sind, werden drei bis vier derselben auf eine quadratische Spiegelplatte gekittet und hernach geschliffen und polirt. Ist dieß geschehen, so werden die Platten mit den polirten Seiten angekittet und die Gegenflächen ebenfalls vollendet. Das Poliren geht mit feinem Tripel auf Papier, das mit Kleister auf eine Spiegelplatte geklebt ist, leicht von Statten. Das Aufkitten erfordert einige Sorgfalt: die Scheiben sammt Glasplatte kommen auf eine dicke Eisenplatte zu liegen, welche nachher von unten durch eine Spirituslampe erhitzt wird. Anfangs kittete ich mit eingedicktem Terpentin; es traf sich aber etlichemal, daß das beim Schleifen eindringende Wasser partielle Ablösung der Scheibe vom Glas bewirkte, wodurch die Scheibe sich krümmte und trotz aller Mühe nicht auspolirt werden konnte. Später wandte ich mit gutem Erfolg feines Siegelack an. Die Temperatur, bei der Siegelack fließt, ist allerdings ziemlich hoch und die Platten können springen; es dürfte daher passender seyn, einen bei gewöhnlicher Temperatur harten, aber leichter schmelzbaren Kitt anzu-

wenden, was durch passende Gemenge von Kolophonium, Harz und Wachs im Verhältniß von etwa 6 : 1 : 1, zu erreichen ist.

Die Erwärmung der Platten darf aus einem andern Grunde nicht übertrieben werden; beim Zersägen und Schleifen verbreitet der Stein einen starken Bitumengeruch. Wird nun ein Stückchen Hydrophan stark erwärmt, so bräunt es sich anfangs, wird weiterhin pechschwarz und es bedarf eines anhaltenden Glühens im Platintiegel, um dasselbe wieder weiß zu brennen. Ohne Zweifel rührt die Schwärzung von der Verkohlung des eingeschlossenen Bitumens her.

Weil die von der Glasplatte abgenommenen Scheiben von der Substanz des Kitts etwas eingesogen haben, ist es nöthig, dieselben längere Zeit in Alkohol oder Aether zu legen, wobei wohl auch das Bitumen ausgezogen wird. Die oben erwähnte Beobachtung der Dendriten machte ich im Anfang des verflossenen Jahres, als ich zufällig eine aus dem Alkohol genommene Platte etwas später in Wasser brachte und nach dem Aufhellen wieder herausnahm.

Die erste Platte, die ich geschliffen habe, war von großer Klarheit; als ich aber vom Colleggen Quenstedt ein weiteres Stücklein erhielt, so zeigten die daraus geschliffenen Platten neben durchsichtigen Stellen auch vielfach trübe und wolkige Parteen, die mich anfangs sehr genirten. Später fand ich jedoch, daß die Mehrzahl der Wolken durch kalte, oder besser warme Behandlung mit Salzsäure vollständig entfernt werden können. Die Wolken dürften daher von eingesogenen kalkhaltigen Wässern herühren. Wendet man reine Salzsäure an, so wird diese allezeit gelb, was auf Eisen hindeutet, dem der Stein seine fleischgelbe Farbe zu verdanken scheint, denn nach der Behandlung mit Salzsäure und längerem Liegen in öfters erneuertem Wasser, erscheinen die Platten fast wasserhell, und aus dem Wasser genommen und abgetrocknet, zeigen sie während des Trübwerdens eine rein weiße Reflexfarbe.

— Eine kleinere Partie des fraglichen Stückchens wurde

aber weder in Wasser, noch nach der Behandlung mit Säure vollkommen hell; zur Gasdiffusion schienen wir aber auch solche Platten noch brauchbar. Immerhin wird man sich darauf gefasst machen müssen, aus demselben Stücke Platten von verschiedener Qualität zu erhalten, und die besten Stücke sind wohl die, welche schon vor der Behandlung mit Säure sich im Wasser ganz aufhellen. Leider scheint solches Material ziemlich selten oder in Sammlungen fixirt; wenigstens ist es nicht bei unsern Mineralienhändlern zu treffen, und selbst aus Wien, wo am ehesten ein Vorrath guten Stoffs zu erwarten war, konnte ich, trotz einflussreicher Vermittlung, bisher kein weiteres Material erhalten.

2. Zu den Diffusionsversuchen wird eine Hydrophanplatte an ein Glasrohr mit abgeschliffenem Ende¹⁾ angelittet. Zu diesem Zwecke steht auf einer von unten zu erwärmenden Eisenplatte, durch ein Stativ vor dem Umfallen geschützt, das Glasrohr; neben ihm liegt der Hydrophan und eine Glasplatte, auf welcher eine dünne Schicht eingedickten Terpentins ausgebreitet ist. Ist der Balsam gehörig flüssig, so wird das Rohr zuerst auf die Balsamschicht gesetzt, dann abgenommen, centrirt auf den Hydrophan gestellt und sofort sammt der anhängenden Platte weggenommen. Von dem Balsam soll möglichst wenig nach Innen fließen.

Da es sich für meine Zwecke blofs darum handelte, das Diffusionsvermögen des Hydrophans nachzuweisen, so habe ich die entsprechenden Versuche in ziemlich roher Weise angestellt. Ein zündmaschinenartig eingerichteter Apparat zur Entwicklung von Wasserstoffgas enthielt oben ein vertikales Glasröhrchen von der Länge des Diffusionsrohrs;

- 1) Dieses Abschleifen geht leicht von statten, indem man mindestens drei Rohre am Umfang eines mit Kerben versehenen Holzstücks durch Pech und Schnüre in paralleler Stellung befestigt und während des Schleifens Sorge trägt, daß die Rohre senkrecht zur Schleifplatte zu stehen kommen. Ein einzelnes Rohr ist ohne besondere Hilfsmittel nicht gut eben zu schleifen.

das letztere wurde über das erstere gestülpt und Gas zugelassen. Nach einiger Zeit wurde das Diffusionsrohr langsam gehoben, mit dem Finger unten verschlossen und so in die Sperrflüssigkeit gebracht. Ein Stativ, an dessen Träger das Rohr fixirt war, erlaubte das Rohr, nach Mafgabe der Diffusion, nachzuschieben und das innere und äußere Niveau gleich zu halten. Als Sperrflüssigkeit diente mir gewöhnlich Wasser, nachdem ich mich überzeugt hatte, dafs hiemit sehr nahe dieselben Resultate gefunden werden wie mit Quecksilber.

Beobachtet wurde zunächst die Zeit t , nach welcher, vom Moment des Eintauchens gerechnet, das Gas sich auf die Hälfte seines anfänglichen Volumens reducirt hatte. Die Dauer der ganzen Diffusion ist keiner scharfen Bestimmung fähig; sie schien mir übrigens so ziemlich immer das Dreifache von t zu seyn. Nach beendigter Diffusion wurde noch das zurückgebliebene Gasvolumen gemessen und mit demselben in das ursprüngliche Volumen dividirt; der so erhaltene Quotient, der bekanntlich nach dem Graham'schen Gesetze für trockenes Wasserstoffgas den Werth 3,8 haben sollte, ist in der nachfolgenden Tabelle, welche ausserdem noch die Dicken δ der Platten angiebt, mit k bezeichnet.

Platte	δ	t	k
1a	1,10 ^{mill.}	27 ^{min.}	3,41
1b	1,10	15	3,31
2	1,04	17	3,03
3	1,80	14	3,52
4	0,66	8	3,16
5	0,38	5	3,00

Die Diffusionsdauer ist hiernach ein von der Individualität der Platte abhängiges Element. Behandlung mit Salzsäure beschleunigt die Diffusion; die Beobachtungen unter 1a und 1b beziehen sich auf dieselbe Platte vor und nach der Behandlung mit Säure. Die Veränderlichkeit des Quotienten k dürfte sich zum Theil aus der Unmöglichkeit erklären, das Diffusionsrohr jedesmal bis zu demselben

Grade von Reinheit mit Gas zu füllen; andererseits scheinen aber dünne Platten überhaupt kleinere Werthe für k zu geben. Den größten Werth von k , verbunden mit verhältnißmäßig rascher Diffusion, giebt die dickste Platte Nr. 3, und es ist nicht undenkbar, daß es für jede Platte, je nach der Feinheit der Poren, eine Dicke giebt, bei welcher einerseits die Diffusion nicht zu langsam vor sich geht, und andererseits die Werthe von k dem Graham'schen Gesetze ziemlich entsprechen. Jedenfalls dürfte der Hydrophan mehr als Gyps und Graphit geeignet seyn, den von Bunsen nachgewiesenen Einfluß des Pfropfes oder diffundirenden Mediums auf das Verhältniß der sich austauschenden Gasvolumina zu studiren. Würde z. B. dieselbe Platte von einer anfänglichen Dicke von etwa 3^{mm} allmählich dünner geschliffen, und bei jeder Dicke auf Diffusion untersucht, so würde wenigstens der Einfluß der Dicke ermittelt. Zu einer derartigen Untersuchung fehlt es mir aber theils an Material, theils an der chemischen Qualification.

3. Das specifische Gewicht meines Hydrophans fand ich gleich 2,158; es dienten dazu vier geschliffene Platten und ein kleines Prisma im Gesamtgewicht von 25,223. Der nach längerem Liegen in Wasser bei 8° C. bestimmte Auftrieb betrug 15,030. Das obige specifische Gewicht ist etwas kleiner als das von Turner¹⁾ für den durchsichtigen Tabaschir gefundene. Die Menge des eingesogenen Wassers war für die fünf Stücke 0,347; von Alkohol (98° Tralles) wurden 0,274 aufgenommen. Diese Mengen verhalten sich ohngefähr wie die Dichtigkeiten dieser Substanzen. Bringt man die aus der Flüssigkeit herausgenommenen und abgetrockneten Stücke rasch zwischen zwei gut abgeschliffene Uhrgläser, so hat die Bestimmung ihres Gewichts keine Schwierigkeit, da sie sich sehr lange hell erhalten. Ob die Stücke etliche Tage in Wasser, oder über Nacht im Vacuum unter Wasser lagen, oder einige Zeit mit Wasser gekocht wurden: die Menge des aufgesogenen Wassers fand

¹⁾ Edinb. Journal. 1828, S. 336.

ich immer nahe gleich und zwar beträgt sie 16 Procent vom Gewichte des Hydrophans, während der Tabaschir, nach Brewster¹⁾ und Turner²⁾, 100 und mehr Procente Wasser einsaugt.

Die Brechungscoefficienten des Hydrophans anlangend habe ich Folgendes gefunden:

Das Hydrophanprisma längere Zeit auf einer heißen Platte erwärmt und noch heiß auf's

Goniometer gebracht 1,368.

Eine halbe Stunde später nach Aufnahme von Luft und Feuchtigkeit aus der Atmosphäre 1,375.

Mit Wasser getränkt 1,443.

Mit Alkohol (98° Tralles) getränkt 1,451.

Das Wasser für sich 1,336.

Der Alkohol für sich 1,367.

Die letzteren zwei Zahlen wurden mit einem Hohlprisma erhalten, indem, wie bei den Beobachtungen am Hydrophanprisma, die geschätzte Mitte des Spectrums auf kleinste Ablenkung gebracht wurde; die Brechungscoefficienten beziehen sich daher ohngefähr auf die Linie E. Alkohol und trockener Hydrophan haben sonach ziemlich denselben Brechungscoefficienten, aber der mit Alkohol getränkte Hydrophan hat einen größeren. Ueberhaupt wächst seine lichtbrechende Kraft durch's Tränken und ich verweise in dieser Beziehung auf die früheren Beobachtungen von Brewster³⁾ am Tabaschir, und von Haidinger⁴⁾ und Des Cloizeaux⁵⁾ an Hydrophan.

Im lufttrockenen oder künstlich getrockneten Zustand, ebenso im Vacuum, sind Scheiben bis zu einer Dicke von 2^{mm} und mehr durchsichtig. Durch eine trockene, mehr an's Auge gehaltene Platte von 1^{mm},8 Dicke, kann ich jede Schrift lesen. Die Farbe des durchgelassenen Lichts ist

1) *Philosoph. Trans.* 1819, p. 295.

2) *Edinb. Journal* 1828, S. 336.

3) *Phil. Trans.* 1819, p. 286.

4) *Jahrbuch der K. K. geolog. Reichsanstalt* VIII, 1857, S. 177.

5) *Manuel de minéralogie*, p. 25.

braungelb, um so blasser, je dünner die Platte; das reflectirte Licht ist bläulichweiss, also complementar. Durch Tränken mit Wasser, Alkohol, Aether, Essigsäure wird der gelbliche Farbton des durchgelassenen Lichts auf ein Minimum reducirt, und im reflectirten Lichte schillert der Stein mit schönem hellblauen Lichte. Es erinnert dieser Schiller an den des Adulars¹⁾, nur ist er natürlich nicht orientirt wie dieser; der Grund dieser Erscheinung liegt ohne Zweifel in sehr feinen, den Flüssigkeiten nicht zugänglichen, inneren Absonderungen.

Es ist nicht ohne Interesse, den Proceß der Tränkung einer trockenen Platte näher in's Auge zu fassen. In ein Glasgefäß mit ebenen Verticalwänden, welches die betreffende Flüssigkeit enthält, werde eine, am besten runde, Scheibe von 1 bis 2^{mm} Dicke an eine der inneren Wände gelehnt: unmittelbar nach dem Eintauchen erhält die Platte ein ungleichartiges gebämmertes Ansehen; die durch sie gesehenen Objecte haben verwaschene unscharfe Umrisse. Gleich darauf beginnt vom Rande herein Aufhellung d. h. Verschwinden des braungelben Farbtons; etwas später hellt sich die Mitte auf und der braune übrigbleibende Ring zerfällt bald in einzelne Wolken. Gewöhnlich beginnt die Ausscheidung von Luftbläschen erst von diesem Momente an, theils an der ganzen Oberfläche, theils und vorzugsweise an den Wolken. Im Wasser haften die Bläschen an Ort und Stelle und werden daselbst immer größer; im Alkohol steigen sie sofort in vielen Perlenschnüren in die Höhe. Zur Vollendung der Tränkung ist in Wasser sehr viel mehr Zeit nöthig als in Alkohol, wo es hiezu nur 8 bis 10 Minuten bedarf. Hydrophan wird überhaupt von Wasser wenig genetzt, denn auf einer polirten Scheibe, die man nach längerem Aufenthalt in Wasser herauszieht, läuft das Wasser unter Zurücklassung trockener Stellen zusammen. Beim Tränken mit Alkohol habe ich an einer Platte mehrfach beobachtet, dafs die Gasentbindung nur auf einer Seite vor sich ging, was vielleicht auf eine zufällig größere Licht-

1) Diese Ann. Bd. 118, S. 280.

weite der inneren Kanäle in dieser Richtung hindeutet. — Das bisher Gesagte bezieht sich auf Scheiben, deren Dicke klein ist gegen den Durchmesser; beim Tränken dickerer Stücke dringt die Flüssigkeit von allen Seiten in's Innere, einen braunen Knäuel immer enger umschließend. Die Gasentbindung ist in Alkohol unmerklich, in Wasser sehr mäßig und sehr lange Zeit fortgehend; erst nach einer oder mehreren Stunden verschwindet der Knäuel, wahrscheinlich in Folge einer langsamen inneren Diffusion. Das oben erwähnte Prisma diente zu diesen Beobachtungen.

Wird eine Platte, welche längere Zeit in einer Flüssigkeit gelegen hat, herausgenommen und mit Leinwand rasch abgetrocknet, so tritt in der Luft sehr bald Trübung ein. Aus Alkohol genommen wird sie sofort matt, weiß und undurchsichtig; aus Wasser genommen ist das Matt selten gleichförmig, sondern wuchert von einzelnen Punkten aus in warzenförmigen Gebilden weiter. Im Verlauf der Zeit wird die Platte vom Rande herein, wo die Trübung am stärksten entwickelt ist, mit brauner Farbe wieder durchsichtig, dann in der Mitte, und der übrig bleibende undurchsichtige Ring zerfällt weiterhin in Wolken, die allmählich verschwinden. Dafs eine alkoholgetränkte Platte auch nach vollständiger Aufhellung noch Alkohol enthält, erkennt man am Geruch, und wenn dieselbe bald nachher als lufttrockene Platte zu einem andern Versuch dienen sollte, so müßte sie vorher einige Zeit gehörig erwärmt werden; dasselbe gilt natürlich auch für jede andere Flüssigkeit. — Eine schon etwas trüb gewordene Platte in die Flüssigkeit zurückgebracht, hellt sich sehr rasch wieder auf. — Als das Hydrophanprisma aus Wasser, in welchem es gegen vier Stunden gelegen hatte, noch vor vollständigem Verschwinden des trüben Kerns genommen wurde, breitete sich derselbe ziemlich schnell zu größerem Volumen aus. Bei baldigem Wiedereintauchen verschwand dann der Kern in kurzer Zeit vollständig. Nach zwanzigstündigem Aufenthalt in Wasser zeigte das abgetrocknete Prisma, neben einer Trübung der scharfen Kanten, im Innern Trübungen, welche

von einzelnen Punkten ausgingen und allmählich zusammenflossen; sobald die Trübung des Innern vollständig war, fingen die scharfen Kanten an sich wieder aufzuhellen.

Wird eine trockene Platte local benetzt oder nur vorübergehend eingetaucht und abgetrocknet, so geht der bläuliche Ton des Reflexlichtes in mehr opakes Weiss über und im durchgelassenen Lichte zeigt sie das gehämmerte ungleichmässige Ansehen. Es erinnert diese Erscheinung an eine ähnliche allerdings auffallendere, welche Brewster¹⁾ am durchsichtigen Tabaschir beobachtet hat: sowohl trocken, als mit Wasser vollständig getränkt ist derselbe durchsichtig, aber opak und weiss, wenn er nur wenig benetzt wird. Brewster giebt hievon ohngefähr folgende Erklärung: Vermöge des kleinen Unterschieds im Brechungsvermögen zwischen Tabaschir und Luft findet beim Uebergang des Lichts aus der Masse des Tabaschir in eine mit Luft gefüllte Pore, nur schwache Brechung und folglich schwache Lichtzerstreuung an der Gränze beider Mittel statt; daher ist der trockene Stein durchsichtig. Zwischen Tabaschir und Wasser besteht in Bezug auf Brechungsvermögen ein noch kleinerer Unterschied; sind daher, wie bei vollkommener Tränkung, die Poren ganz gefüllt, so zeigt der Stein erhöhte Durchsichtigkeit. Sind aber bei schwacher Netzung die inneren Wände der Poren nur mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt, so kommen in den Poren, beim Uebergang des Lichts aus Wasser in Luft, und wieder aus Luft in Wasser, zweimal stärkere Zerstreuungen vor; deswegen sey der mässig benetzte Stein opak. — Es scheint mir diese Betrachtung zwar geeignet, verschiedene Grade der Durchsichtigkeit zu erklären; das Opakwerden aber, welches eine Störung der regelmässigen Transmission des Lichts voraussetzt, dürfte hieraus nicht mit Nothwendigkeit folgen. Gegen diese Erklärung scheint mir namentlich auch der Umstand zu sprechen, dass ohne Zweifel schon der lufttrockene Stein in seinen Poren eine Feuchtigkeitsschicht condensirt enthält, so wie dass eine ursprünglich ganz ge-

1) *Philos. Transact.* 1819, p. 296.

tränkte Platte, im Moment ihrer vollständigen Aufhellung in der Luft, sicher noch Theile der Flüssigkeit enthält; aus der sie genommen wurde. Da nun Tabaschir und Hydrophan durchsichtig sind sowohl in trockenem als vollständig getränktem Zustande, d. h. wenn die capillaren Actionen zwischen dem Stein und dem umgebenden Medium in's Gleichgewicht getreten sind, so liegt der Gedanke nahe, den Grund der Störung des regelmäßigen Lichtdurchgangs in Strömungen und Diffusionen zu suchen, welche entstehen müssen, sobald jenes Gleichgewicht aufgehoben wird. Wird z. B. eine getränkte Platte aus ihrer Flüssigkeit genommen und abgetrocknet, so trübt sie sich in der Luft, um so rascher, je flüchtiger die Flüssigkeit; im Moment des Abtrocknens sind die Ausmündungen der gefüllten Kanäle noch ebenbegränzt; gleich darauf erhalten dieselben durch Verdunsten eine concave Oberfläche; der Moleculardruck in's Innere wird kleiner und ändert sich wohl auch bei fortschreitender, mehr in die Tiefe gehender, Verdunstung; es müssen daher in allen Kanälen Molecularbewegungen eintreten und so lange fort dauern, bis ein neuer Gleichgewichtszustand erreicht ist. Bei einer gewissen Langsamkeit oder Regelmäßigkeit dieser inneren Bewegungen ist die Störung des Lichtdurchgangs schwach oder unmerklich, und ich denke hiebei einerseits an die Erscheinungen bei der frisch eingetauchten Platte, andererseits an die in der Luft eben wieder hell gewordene Platte, welche in diesem Moment sicher noch einen Ueberschuß von Flüssigkeit enthält, den sie allmählich an die Atmosphäre abgibt. Wenn aber, wie bei der so eben aus der Flüssigkeit genommenen und abgetrockneten Platte, die äußersten Enden der Kanäle mit einem ungleichartigen, noch nicht zur Permanenz gekommenen Gemenge von Flüssigkeit, Dampf und Luft erfüllt sind, so muß dies ganz besonders auf Trübung hinwirken.

Vielleicht erklären sich auf ähnliche Weise die so merkwürdigen Beobachtungen, welche Brewster¹⁾ am undurchsichtigen, durch Tränken mit Buchöl durchsichtig geworde-

1) *Philos. Trans.* 1819, p. 289 u. f. *undurchsichtig und wird durch Tränken*

nen Tabaschir gemacht hat: als nämlich der ölgetränkte Stein auf eine kalte Bleiplatte gelegt wurde, verlor derselbe rasch seine Durchsichtigkeit. Die Abkühlung muß sofort eine Störung des Gleichgewichts, namentlich aber, wegen des Rückzugs des Oels in die Kanäle, eine Verminderung der Pressung im Innern hervorbringen; andererseits wird die durch Abkühlung bewirkte Contraction des Oels in den Kanälen, wegen des Widerstands in denselben, sich nicht augenblicklich compensiren können. Beide Ursachen wirken daher gewissermaßen auflockernd auf die Flüssigkeit und begünstigen das Auftreten zahlreicher Hohlräume durch die ganze Masse. — Da ich meine Hydrophane nicht gerne mit fetten Oelen in Berührung bringen wollte, so habe ich in dieser Richtung keine Versuche angestellt.

4. Ueber die Erscheinung der Dendriten habe ich schon im Eingang Einiges gesagt. Die Platten bewahre ich, um den Versuch jeden Augenblick anstellen zu können, fortwährend in Alkohol auf. Sollten die Platten irgendwie verunreinigt worden seyn, so ist es passend, sie längere Zeit in Aether oder Eisessig zu legen, und in letzterem Falle in mehrfach gewechseltem Wasser auszuspülen und endlich in der Luft zu trocknen. Das gleichförmige Anlaufen der aus Wasser genommenen und abgetrockneten Platte ist ein sicheres Kennzeichen ihrer Reinheit. Die Dendriten sind gewöhnlich sehr zierlich; wohl niemals fallen sie gleich aus, wie oft man auch den Versuch mit derselben Platte wiederholen mag; die mit den Fingerspitzen berührten Stellen sind häufig der Ausgangspunkt, so daß zwei Systeme sich rasch gegen einander bewegen, die beim Zusammentreffen durch eine helle Linie getrennt sind. Manchmal aber beginnen sie blumenartig in der Mitte oder gleichzeitig an mehreren Stellen der Platte. Unbefangene Beobachter vergleichen die Erscheinung gewöhnlich mit den Blumen gefrorener Fenster, obgleich natürlich von einer Krystallisation keine Rede seyn kann.

Wer schon Farben gerieben oder Glas geschliffen hat, weiß, daß beim Abheben des Reibers vom Farbenbrei oder

des
bilde
Rau
die
Fläch
sond
rech
wo
welc
statt
verg
diese
wie
hatte
die
schü
Wei
E
Geb
kitter
Fern
bei h
inden
duns
Aend
Zust
viell
gann
einze
auf
Temp
holer
gliche
gekit
lele
drite
Einer

des Glases vom Schmirgelbrei, plötzlich dendritische Gebilde entstehen. Hiebei wird der von dem Brei erfüllte Raum zwischen zwei ebenen Flächen plötzlich gröfser, und die von allen Seiten eindringende Luft schiebt die an den Flächen adhärirende Masse nicht als Ganzes vor sich her, sondern zertheilt dieselbe in mannichfaltigster, nicht zu berechnender Weise. Die feinen Zweige liegen an der Stelle, wo die Abtrennung begann, der Stamm bezeichnet den Ort, welcher zuletzt verlassen wurde oder wo noch Berührung stattfindet. Wird der Reiber parallel abgehoben, so convergiren die Zweige gegen ein massiges Centrum. Von dieser Art mögen die Dendriten in den Agatsprüngen, sowie die der solnhofer Platten sein. Mineralischer Schlamm hatte sich durch Capillarität in die Spalten eingeführt und die Dendriten entstanden, als später in Folge einer Erschütterung oder innerer Spannungen, die sich lösten, die Weite der Spalten sich plötzlich vergröfserte.

Eine andere Gattung mehr stern- oder blumenartiger Gebilde beobachtet man oft in unliebsamer Weise an gekitteten achromatischen Objectiven von Mikroskopen und Fernröhren. Der Kitt ist im Innern wohl niemals fest und bei höherer Temperatur jedenfalls flüssiger, als bei niederer; indem nun das Flüssige durch den festeren Rand verdunstete, möglicherweise auch in Folge einer chemischen Aenderung des Kitts, konnte sich derselbe in gespanntem Zustand befinden. Sobald alsdann an irgend einer Stelle, vielleicht durch ein Körnlein veranlaßt, die Ablösung begann, so schritt dieselbe nach verschiedenen Richtungen in einzelnen Zacken oder Blättern fort, indem der Kitt sich auf ein kleineres Volumen zusammenzog. In Folge von Temperaturwechseln konnte sich dieser Proceß öfter wiederholen, vorausgesetzt, daß die Spannung nicht sofort ausgeglichen wurde. Das hiesige Kabinet besitzt eine auf Glas gekittete, sehr dünne, concav geschliffene, der Achse parallele Quarzplatte, welche diese Gebilde, die ich *Hohldendriten* nennen möchte, in ausgezeichneter Schönheit zeigt. Einem ersten Sternlein folgten im Laufe eines Winters,

während dessen die Platte im geheizten Zimmer lag, viele andere, so daß jetzt die ganze Platte damit bedeckt ist. Im Centrum eines jeden ist eine mehr oder weniger markirte Stelle zu erkennen. Die Ausläufer oder Blätter verzweigen sich oft und zeigen deutlich wellenförmige Absätze, wahrscheinlich entsprechend den successiven Rücken, unter welchen von Zeit zu Zeit eine Erweiterung der Blume eintrat.

Mit der letzteren Gattung von Dendriten möchte ich nun die des Hydrophans in Zusammenhang bringen. Bekanntlich findet bei Mischung von Alkohol und Wasser eine erhebliche Contraction statt. Wenn daher nach Herausnahme der Platte aus dem Alkohol ein Theil desselben bis auf eine gewisse Tiefe verdunstet und nachher durch Wasser ersetzt ist, so kommen im Innern des Steins Wasser und Alkohol in Berührung; es findet in der Berührungsschicht Durchmischung und Contraction statt, und die von der Flüssigkeit leergelassenen oder vielmehr mit einem Gemenge von Flüssigkeit, Dampf und Luft erfüllten Hohlräume erscheinen als Dendriten. Die Luft, welche während des kurzen Verweilens der aus dem Wasser genommenen Platte in der Atmosphäre absorbirt wird, scheint für das Auftreten der Dendriten wesentlich, denn läßt man die Platte im Wasser liegen, so fehlen sie ganz, wahrscheinlich weil das umgebende Wasser die Hohlräume im Moment ihres Entstehenwollens sofort erfüllt. An einer quadratischen Platte, deren schmale Seitenflächen ebenfalls polirt waren, konnte ich sehen, wie die Dendritenschicht, die sich anfangs in einer Tiefe von etwa $0,2^{\text{mm}}$ befand, bei mehrfachem Eintauchen und Wiederabtrocknen sich mehr in die Tiefe zog.

Daß diese Erklärung der Dendriten der Hauptsache nach richtig ist, möchte ich daraus schließen, daß auch andere Paare von Flüssigkeiten, bei deren Mischung eine Contraction stattfindet, im Hydrophan die Dendriten zeigen. Nach Bussy u. Buignet¹⁾ findet z. B. Contraction statt

1) *Comptes rendus* 1864, No. 17.

bei Mischung von Aether und Alkohol, von Essigsäure und Wasser. Tränkt man daher eine Platte zuerst mit der flüchtigeren Substanz (Aether, Essigsäure), taucht sie nach dem Abtrocknen und Trübwerden in die weniger flüchtige (Alkohol, Wasser), so treten nach dem Herausnehmen und Abtrocknen die schönsten Dendriten auf. Umgekehrt dürfte eine Hydrophanplatte ein sehr sicheres Mittel abgeben, zu untersuchen, ob bei der Mischung zweier Flüssigkeiten Contraction eintritt oder nicht.

Als Tyndall die Strahlen der elektrischen Lampe durch ein klares Eisstück sandte, beobachtete er, daß in Folge eines localen inneren Schmelzens plötzlich sternartige Hohlräume entstanden. Die seinem Buche »On heat« beigegebenen Abbildungen der betreffenden Gestalten erinnern mich, zum Theil wenigstens, mehr an die oben besprochenen Hohldendriten, als an innere Krystallisationen, die durch den Act des Schmelzens bloßgelegt würden. In der That findet auch beim Uebergang des Eises in Wasser eine Contraction statt und es wäre somit die wichtigste Bedingung für die Bildung von Hohldendriten bei diesem schönen Versuche vorhanden. Die Mitwirkung eines inneren krystallinischen Netzwerks will ich übrigens keineswegs in Abrede ziehen.

5. In Betreff der physischen Constitution des Hydrophans neige ich mich zu der Ansicht, daß derselbe aus einer an und für sich durchsichtigen Masse besteht, welche aber von einem System feiner und glatter Sprünge nach allen Richtungen durchsetzt ist. Cohäsion und Härte können bei einer Substanz, welche hiernach aus polyëdrischen Elementen bestände, die sich in wenigen Punkten berühren, nur gering seyn. Es ist nicht undenkbar, daß die Gegenwart einer fremden Substanz, vielleicht eines flüssigen Kohlenwasserstoffs, auf den der starke Bitumengehalt des Hydrophans hindeuten könnte, die Durchsplitterung der Masse begünstigte; beim Tabaschir könnte die Gegenwart organischer Säfte dasselbe bewirken. Für das Vorhandenseyn glatter Sprünge scheint mir namentlich die Durchsich-

tigkeit des trockenen Hydrophans zu sprechen; man begreift nämlich, daß glatte Sprünge sehr nahe als parallelflächige Interstitien angesehen werden können, welche wenigstens einen Theil des einfallenden Lichts regelmäfsig durchlassen, während dieß bei einer aus zahllosen kleinen, zwar durchsichtigen, aber rauhen Körnern bestehenden Substanz, wegen der vielfachen und regellosen Reflectionen in den polyëdrischen Zwischenräumen nicht in demselben Grade denkbar ist. Vielleicht gehört in die letztere Kategorie der undurchsichtige Tabaschir, bei dem es nach Brewster¹⁾ eines besonderen Stoffs, des Buchöls bedarf, um ihn durchsichtig zu machen; wahrscheinlich bedingt dieser Stoff eine intensivere Netzung der Kieselerde, als Cassiaöl, Alkohol und Wasser, welche die Substanz undurchsichtig lassen.

Die unter No. 3 erwähnte Steigerung des Brechungsvermögens des Hydrophans durch Tränken dürfte sich naturgemäß aus einer Verdichtung der Flüssigkeiten an den Berührungsflächen erklären, und auch in dieser Beziehung wird wohl die glattsprüngeige Textur kräftiger wirken, als die körnige.

Die anderweitigen optischen Wirkungen der Sprünge des Hydrophans anlangend, so betrachte ich zuerst, unter Voraussetzung einer durchsichtigen Planplatte, die Wirkung der auf den Plattenflächen senkrechten Sprünge. Nun hat der Agat, wie ich gezeigt habe¹⁾, eine sehr charakteristische, zu den Schalen senkrechte Durchsplitterung, und eine den Schalen parallele Planplatte (ein Tangentialschliff) zeigt einen sehr viel geringeren Grad von Durchsichtigkeit, als eine zu den Schalen senkrechte Planplatte (ein Radialschliff). Nach dieser Analogie werden auch bei einer Hydrophanplatte, die zur Platte und folglich zu den Vibrationen des eintretenden Lichts senkrechten Sprünge, eine Trübung, einen Verlust an regelmäfsig durchgelassenem Lichte bewirken. Die den Flächen der Platte parallelen oder mäfsig gegen sie geneigten Sprünge, mögen sie leer

1) *Phil. Trans.* 1819, p. 291.

2) Diese Ann. Bd. 123, S. 97—101.

oder mit einem Gase erfüllt seyn, wirken als dünne Blättchen und entwickeln im durchgelassenen und reflectirten Lichte complementäre Farbenerscheinungen, unscheinbar braungelb und bläulichweiß beim gewöhnlichen Hydrophan, schöner am sächsischen Weltauge, wo stellenweise bläulich schillernde Punkte auftreten, von großer Schönheit beim edlen Opal.

Von einer Schichtung habe ich an dem Hydrophan aus der hiesigen Sammlung nur eine schwache Spur an einer der Platten gesehen; dagegen erhielt ich von einem Freunde ein aus Ungarn stammendes Stückchen, welches eine sehr deutliche Schichtung zeigte. Es wurden daraus einige Scheiben senkrecht zur Schichtung geschnitten; nach der Behandlung mit Salzsäure wurden dieselben beim Tränken fast farblos durchsichtig und von der Schichtung war nichts mehr zu sehen. Aus Wasser oder Alkohol herausgenommen und abgetrocknet, zeigten aber die Platten sofort wieder die Schichtung, indem die Trübung an verschiedenen Schichten mit verschiedener Intensität eintrat. In den lufttrockenen Platten ist die Schichtung, namentlich im durchgelassenen Lichte, leicht zu erkennen, indem der braungelbe Farbton von Schicht zu Schicht sich ändert. Dieser Umstand, sowie das ungleiche Trübwerden, hängt ohne Zweifel mit einer verschiedenen Weite der Sprünge in den einzelnen Schichten zusammen.

Auf welche Weise auch der Hydrophan entstanden seyn mag, sey es durch allmähliches Erhärten der in Hohlräumen zusammengelaufenen Masse, sei es durch stalactitenartiges Wachsen, so werden doch im Allgemeinen beim Erhärten Spannungsdifferenzen entstanden seyn, welche eine wenn auch unregelmäßige Doppelbrechung bedingen. Alle von mir geschliffenen Platten habe ich mehr oder weniger doppelbrechend gefunden. Hält man eine lufttrockene Platte in dem auf Dunkel eingestellten Polarisationsinstrumente unmittelbar unter der oberen Nikol, so zeigt sich bei gewissen Stellungen der Platte sehr deutlich eine Aufhellung. Betrachtet man durch die Platte einen schwach

gebogenen Glasstreifen, der auf dem Tischchen des Instruments unter 45° gegen die Polarisationssebene liegt, so kann man aus der Verschiebung des schwarzen Mittelstreifens leicht die Richtungen der größten und kleinsten Elasticität bestimmen; dafs aber diese Doppelbrechung nicht mit der Schichtung in nothwendigem Zusammenhang steht, zeigt der geschichtete Hydrophan, an welchem jene ausgezeichneten Richtungen nahezu 45° mit den Schichten machten, während im Agate die Normale der Schichten die Richtung der größten Elasticität ist¹⁾. Von einer polarisirenden Wirkung, wie sie die Radialschliffe des Agats ohne Unterschied zeigen, ist daher beim geschichteten Hydrophan keine Spur zu finden. Merkwürdiger Weise verschwindet die Doppelbrechung des Hydrophans durch Tränken fast vollkommen; bringt man nämlich eine z. B. mit Alkohol getränkte Platte noch nafs zwischen zwei Glasplatten unter den oberen Nikol, so hat man grofse Mühe, noch eine Spur von Aufhellung des Sehfeldes zu erkennen.

Tübingen, 22. Januar 1865.

**VI. Ueber eine eigenthümliche Structur der Berylle
und die angeblich optisch zweiaxigen Krystalle
des quadratischen und hexagonalen Systems;
von Dr. Fr. Pfaff in Erlangen.**

Vor einiger Zeit machte ich mir zur Bestimmung seiner Brechungsverhältnisse aus einem sehr schönen klaren sibirischen Berylle ein Prisma, indem ich einfach zwei seiner Säulenflächen, die durch eine sehr schmale dritte getrennt waren, eben schliiff und polirte. Es gelang mir aber eben so wenig wie Heusser (s. d. Annal. Bd. 87 S. 454), in den beiden Spectren Fraunhofer'sche Linien aufzufinden. Als ich nun den Krystall näher untersuchte, fand ich an demselben ganz eigenthümliche Structurverhältnisse, welche

wohl diese, so wie andere optische Eigenthümlichkeiten verursachen mögen.

Dreht und wendet man nämlich den Krystall, am besten bei Kerzenlicht, so bemerkt man bald durch die geschliffenen Flächen hindurch (die andern senkrecht gestreiften erlauben diese Beobachtung nicht) ein sehr regelmäsig den ganzen Krystall durchziehendes Streifensystem und ein ganz eigenthümliches Blättergefüge, wie es die Skizze (Figur 5 Taf. V) darstellt. Von der brechenden Kante des Prismas *B* aus ziehen sich sehr feine Streifen nach der Mitte der Fläche *M* zu; sie gehen parallel der Combinationskante *s: M* vom untersten aufgewachsenen Ende des Krystalls an bis nach dem oberen freien stets einander parallel. Ein zweites System geht von oben nach unten mit der brechenden Kante einen Winkel von 17° bildend. Eine dritte Art steht senkrecht auf den Kanten *M: M*; auch durch zwei einander gegenüberliegende wohl polirte Flächen hindurchsehend, glaubt man stets, die hintere sey so stark wie ein Quarzkrystall gestreift.

Sehr deutlich zeigt sich nun bei Veränderung der Neigung des Krystalles gegen das Licht, dafs besonders die beiden ersten Arten der Streifung mit inneren Flächen zusammenhängen. Es ist leicht dahin zu bringen, dafs die in Fig. 6 Taf. V etwas vergrößert dargestellten Streifen als lauter Flächen erscheinen; die Flächen *r* z. B. sind bei gewissen Stellungen allein leuchtend, ebenso die Flächen *x* bei anderen; etwas schwieriger ist es, durch Spiegelnlassen zu erkennen, dafs auch die horizontalen Streifen Blättern im Innern entsprechen.

Einmal darauf aufmerksam geworden, habe ich alle klaren, wenig parallel der Hauptachse gestreiften Berylle unserer Universität Mineraliensammlung untersucht und bei fast allen wenigstens Spuren derselben Streifung erkennen können, wenn auch nicht immer mit derselben Regelmäßigkeit. Nun schnitt ich von meinem Krystalle zwei Platten von 5 und 1^{mm} Dicke ab, um ihre optischen Eigenschaften im polarisirten Lichte zu untersuchen. Sah man, nachdem

sie polirt waren, in der Richtung der Hauptachse durch dieselben, so erschienen sie im gewöhnlichen Lichte wieder vollkommen homogen und durchsichtig. Mit dem neueren Nörremberg'schen Polarisationsapparat betrachtet boten sie nun folgende merkwürdige Erscheinung dar:

Ziemlich die Mitte der Platte in den Mittelpunkt der Linsen bringend, sieht man das gewöhnliche Ringsystem optisch einaxiger Krystalle; schiebt man dieselbe etwas nach rechts oder links, so werden die Kreise deutlich elliptisch. Wir wollen annehmen, das schwarze Kreuz stehe mit dem längeren Arm von Nord nach Süd, mit dem kürzeren von Ost nach West. Nun schiebe man dieselbe, *immer in paralleler Lage mit sich selbst*, von Ost nach West, so sieht man plötzlich das Kreuz weit auseinander in zwei hyperbolische Aeste sich auflösend, mit sehr deutlichen Lemniscaten, *aber die Verbindungslinie der beiden Mittelpunkte der zwei Curvensysteme läuft nun von Nordwest nach Südost*. Schiebt man dagegen die Platte ebenfalls wieder, ohne sie im mindesten um die optische Axe zu drehen, aus der Mittelstellung, in der das einfache Kreuz mit Kreisen erscheint, von West nach Ost, so erscheinen wieder die beiden Hyperbeläste mit den Lemniscaten, die Verbindungslinie der beiden Curven-Mittelpunkte läuft aber nun *von Nordost nach Südwest*. Also ein und dieselbe Platte erscheint optisch einaxig, zweiaxig mit Projection der Ebene der optischen Axen auf der Fläche der Platte von Nordwest nach Südost auf der einen, von Nordost nach Südwest auf der andern Seite. Dazwischen liegende Lagen derselben sind auch nicht ausgeschlossen. Ist der Krystall nun optisch einaxig oder zweiaxig? Ich glaube, wer unbefangen diese Erscheinungen betrachtet, wird zugeben, dafs wir es hier mit einem wahrhaft einaxigen Krystalle zu thun haben, der durch eigenthümliche Structurverhältnisse stellenweise eine derartige Veränderung erlitten hat, dafs er optisch zweiaxig erscheint. Eine Bestätigung findet diese Ansicht in dem Aussehen der Platte, wenn man sie unter den Linsen des Apparats wegnimmt, unmittelbar

unter den Zerleger bringt und nun näher betrachtet. Natürlich kann hier kein Ringsystem erscheinen, die Platte erscheint aber nie homogen hell oder dunkel, sondern stets streifig und fleckig, hier hell, dort dunkel. Eine Platte eines wohl und regelmässig ausgebildeten anderen Krystalls, er sey ein- oder zweiaxig, läßt nie eine derartige Ungleichheit im Ansehen der Platte erkennen; wo sie erscheint, ist es ein sicheres Kennzeichen unregelmässigen Gefüges.

Ich habe nun noch eine Reihe anderer Krystalle, die krystallographisch quadratisch oder hexagonal erscheinen, untersucht, von denen auch angegeben wird, daß sie optisch zweiaxig seyen. Bei Ferrocyankalium, Vesuvian und Honigstein und ebenso bei einem schönen Krystall von schwefelsaurem Kali, dem Sénarmont durch Chromoxyd eine schöne gleichmässig grüne Färbung gegeben hat¹⁾, konnte ich ganz ähnliche Eigenthümlichkeiten des Verhaltens im polarisirten Lichte nachweisen, wie ich sie eben am Beryll geschildert habe. Alle zeigten Stellen, an denen sie rein optisch einaxig erschienen, neben anderen, wo sie wie optisch zweiaxige sich verhielten; alle zeigten auch die Unbeständigkeit in der Lage der Ebene der optischen Axen, alle auch das ungleichmässige Aussehen der Platte unmittelbar unter dem Zerleger. Am schwierigsten gelang es mir, diese Unregelmässigkeiten am Honigstein zu erkennen; nur eine ziemlich ausgedehnte Platte zeigte sie sehr deutlich an ihrem einen Rande.

Ich glaube die Vermuthung liegt sehr nahe, daß alle die Abweichungen von dem erwarteten optischen Verhalten, welche Breithaupt zur Aufstellung seiner neuen Krystall-systeme bewogen, in solchen Unregelmässigkeiten des Gefüges ihren Grund haben mögen, die nimmermehr hinreichen, die Annahme neuer Systeme zu rechtfertigen. Denn auch die mit den optischen Erscheinungen im Einklang abweichenden Kantenwinkel lassen sich wohl auf dieselbe Störungsursache zurückführen.

Ich halte es für nicht ganz überflüssig, dabei noch einen

1) Sie ist aus Nörremberg's Nachlaß in meinen Besitz gekommen.

rein krystallographischen Grund anzuführen, der mir die Breithaupt'schen neuen Krystallsysteme als unhaltbar erscheinen läßt, und der meines Wissens noch nicht erwähnt worden ist. Am Granat kommen Leucitoëder vor, welche nach einer der drei Axen a andere Neigungswinkel der vier Flächen, welche in dieser zusammenstoßen, gegen einander erkennen lassen, als in den beiden andern. Diese eine Axe wollen wir mit c bezeichnen. Es zerfällt dann das Leucitoëder in ein Octaëder an c von der Form $c:ma:ma$ (wenn wir die Weifs'sche Bezeichnung für dasselbe beibehalten) und in ein Diocctaëder von der Form $a:ma:mc$. Man versuche nun ein Axenverhältniß von $a:c$ auszufinden, welches alle Werthe von m rational macht, man wird da sogleich sehen, daß dies mit Zugrundelegung der von Breithaupt angegebenen Winkel nicht möglich ist. Es sind nämlich nach seiner Angabe die Winkel B, B (Fig. 7 Taf. V) einander gleich, so daß jedenfalls für die Flächen a das Zeichen $a:mc:ma$ in das $a:ma:ma$ sich verwandelt, d. h. die Flächen a bieten durchaus keine Abweichung vom regulären System dar. Die Fläche c dagegen ist in A um $6'$ stumpfer, der Winkel beträgt nach Breithaupt's Angaben $131^{\circ}54'$, die Fläche c muß daher die beiden Dimensionen a , die sie in der Entfernung ma schneiden sollte, in der Entfernung $(m+x)a$ schneiden und wenn man aus dem Winkel das $m+x$ zu berechnen sucht, so bekommt man keine rationale Zahl. Wollte man den Winkel A zu Grunde legen und aus ihm ein Quadratocctaëder $c:ma:ma$ mit einem rationalen Werthe für m ableiten, so würde man wieder einen irrationalen Werth für das Diocctaëder $a:ma:mc$ erhalten.

Die Annahme des Breithaupt'schen neuen Krystallsystems zwingt daher zum Aufgeben des Fundamentalgesetzes der Krystallographie, daß die Ableitungszahlen für die Axenwerthe stets rationale Zahlen sind. Schon dieses Factum allein scheint mir zu beweisen, daß wir es hier nicht mit einer gesetzmäßigen Bildung zu thun haben, sondern mit Störungen der regelmässigen Form, die gewiss

böchst interessant sind, aber uns nicht zur Annahme neuer Krystallsysteme führen sollen.

VII. *Ueber die Geschwindigkeit des Schalles; von Dr. H. W. Schröder van der Kolk.*

Wiewohl die Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalles an und für sich eine interessante Aufgabe ist, so hat doch die genaue Kenntniss dieser Constanten ein doppeltes Interesse erhalten, seit man bemerkte, dass sie geeignet ist, eine der genauesten Bestimmungen des mechanischen Wärme-Aequivalentes zu liefern. Es ist deswegen vom höchsten Interesse, diese Aufgabe näher zu betrachten.

Die angewandten Methoden zur Messung der Schallgeschwindigkeit kann man in directe und indirecte eintheilen.

Zu der letzten Gattung gehört die von Wertheim und Masson angewandte mittelst Orgelpfeifen, wobei zunächst die Tonhöhe und die Wellenlänge bestimmt werden. Diese letzte ist aber sehr schwer scharf zu bestimmen, und es hält um so schwieriger genaue numerische Werthe zu erhalten, als die gefundene Gröfse noch mit einer grofsen Zahl multiplicirt werden mufs, um den vom Schall in der Sekunde zurückgelegten Weg zu erhalten, wobei die Beobachtungsfehler in demselben Maafse vergrößert in die Resultate übergehen. Deshalb hat diese Methode bisher keine genaue Resultate geliefert.

Die zweite indirecte Methode ist die von Clément und Desormes, später auch von Gay-Lussac und von Masson angewandte. Bei dieser wird bekanntlich der Werth von $\frac{c}{c_1}$, (wo c und c_1 die specifischen Wärmen bei constantem Druck und constantem Volumen bedeuten), direct bestimmt und dann die Geschwindigkeit mittelst der bekannten Formel für die Schallgeschwindigkeit berechnet.

Diese Methode ist einer größeren Genauigkeit fähig, und scheint wirklich bei Masson zu genauen Resultaten geführt zu haben. Indefs können auch diese Bestimmungen nicht den genauesten Werth liefern, da, soviel mir bekannt, das nähere Detail von diesen Versuchen nicht veröffentlicht worden ist.

Es bleiben uns also nur die directen Methoden übrig.

Die am meisten angewandte Methode besteht in der Bestimmung der Zeit, in welcher der Schall eine gegebene Strecke durchläuft. An einer Station wird, meistens mittelst Kanonen, ein Signal gegeben, und an einer andern Station die Zeit beobachtet, welche zwischen der Lichterscheinung beim Entzünden des Pulvers und der Ankunft des Schalles verstrichen ist.

Eine andere von Dr. Bosscha vorgeschlagene Methode¹⁾ ist vielleicht einer großen Genauigkeit fähig, aber bisjetzt noch nicht in größerem Maasse angewandt worden.

Wir haben also nur die dritte Methode näher zu betrachten.

Von den hierher gehörigen Versuchen sind unstreitig die von Moll und van Beek im Jahre 1823 in Holland angestellten die genauesten. Die von den französischen Akademikern im Jahre 1822 zwischen Monthléry und Villejuif erhaltenen Resultate sind mit diesen gar nicht zu vergleichen. In der ersten Nacht vom 21. Juni 1822 hörte man zu Monthléry 12 Schüsse und zu Villejuif nur 7, und in der folgenden Nacht zu Villejuif nur 1 Schuss womit die Versuche geendigt wurden.

Uebrigens wurden die Signale nicht gleichzeitig an beiden Stationen gegeben, sondern es wurde von fünf zu fünf Minuten ein Schuss auf der einen oder andern Station abgefeuert. Die Correction wegen des Windes war auf dieser Art nicht anzubringen; dies ist nur möglich wenn die Kanonen gleichzeitig an beiden Stationen abgefeuert werden.

Man fand für die Geschwindigkeit 331,2 Meter pro Se-

1) Pogg. Ann. Bd. 92, S. 485

kunde, was vom später Erhaltenen nicht viel abweicht. Indefs hat diese Bestimmung ein viel geringeres Gewicht als die von Moll und van Beek. Seit dieser Zeit sind solche Versuche in so ausgedehntem Maafstabe nicht mehr wiederholt worden.

Parry und Rofs in den Nordpolgegenden und Bravais und Martins auf dem Faulhorn in der Schweiz fanden ziemlich übereinstimmende Resultate. Die ersten sind aber weniger genau, und bei der letzten lassen sich jedenfalls einige Correctionen nicht so genau anbringen.

Es bleiben also nur die Bestimmungen von Moll und van Beek zu betrachten übrig. Wiewohl sie ihre Versuche mit der grössten Sorgfalt angestellt haben, ist doch das von ihnen erhaltene Resultat unzulässig, da die Reductionscoëfficienten damals noch nicht genau bekannt waren und überdiess bei der Berechnung einige Correctionen vernachlässigt wurden. Der Genauigkeit der Versuche wegen schien es mir aber der Mühe werth, die Berechnung so genau wie möglich zu wiederholen.

Indessen war ich von vornherein überzeugt, dafs mittelst der so erhaltenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Werth von $\frac{c}{c_1}$ und folglich der des mechanischen Wärme-Aequivalentes nicht genau zu erhalten sey. Es läfst sich nämlich folgende Einwendung machen. *A priori* ist es schon nicht unwahrscheinlich, dafs diese intensive Luftwellen sich schneller als schwächere fortpflanzen, und die Angabe von Rofs, dafs im hohen Norden bei Versuchen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles an der anderen Station erst der Schufs und darauf das gegebene Commando gehört wurde, schien diese Muthmafsung zu rechtfertigen. Wäre dem so, so würde die Bestimmung mittelst Kanonenschüsse eine gröfsere Geschwindigkeit ergeben als die mittelst weniger intensive Luftwellen, und demzufolge würde man bei ungleicher Intensität verschiedene Werthe für $\frac{c}{c_1}$ finden, und die genaue Bestimmung des mechanischen Wärme-Aequivalentes unmöglich werden.

Experimentell ist dies nicht ausgemacht worden; Versuche zu diesem Zweck sind nie unternommen, denn die Bemerkung, daß man eine Melodie gleich gut in der Nähe als in größerer Entfernung erkennt, zeigt nur daß dieser Einfluss sehr gering ist, da erstens die Entfernung und zweitens der Intensitäts-Unterschied der Töne in diesem Falle niemals beträchtlich ist.

Wenn ich es also im Folgendem wage, diesen Einfluss genauer zu berechnen, so muß ich sogleich hinzufügen, daß ich keineswegs eine vollständige Theorie des Schalles zu geben unternehme. Es mag seyn, daß die Theorie der Elasticität zu andern Grundformeln führt; wie sich aber der Einfluss eines Factors mittelst vergleichender Versuche oft genau bestimmen läßt bei experimentellen Untersuchungen, welche die gesuchte Größe selbst nur ungenau ergeben, so glaube ich auch, daß der unten berechnete Einfluss der Intensität sich als der nämliche herausstellen wird, wenn auch die Grundformeln der Wellenbewegung in der Luft auf anderer Art entwickelt werden.

Theoretische Entwicklung.

Für die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit longitudinaler Wellen hat man im Allgemeinen die Formel $s = \sqrt{\frac{e}{d}}$, wo s die Geschwindigkeit, e die Kraft, mit welcher die Moleküle sich anziehen, wenn sich der Abstand verdoppelt hat, und d die Dichtigkeit des Mediums bezeichnet. Ist also ein Theilchen um die Größe δ in der Richtung zweier Moleküle verschoben, so ist die Kraft, welche es zurückzuführen strebt $= e\delta$.

Bei der Luft ist $e = H\beta$ und $d = \frac{b}{g}$, wenn H den Barometerstand, g die Constante der Schwerkraft und β und b die specifischen Gewichte von Quecksilber und Luft bedeuten, und die Formel wird $s = \sqrt{\frac{gH\beta}{b}}$.

Diese Formel würde nun auch die Geschwindigkeit der Luftwellen angeben, wenn hier nicht bei der Zusammen-

drückung im Wellenberge Wärme entwickelt, und im Wellenthale absorhirt würde; im ersten Falle wird hier die Elasticität oder die Druckhöhe, mittelst welcher sie gemessen werden kann, vergrößert, im zweiten Falle verringert, jedenfalls also der Druckunterschied, der die Ursache der Fortpflanzung der Wellen ist, vergrößert.

Bei einer Verschiebung $= \delta$, ist die Kraft also nicht $= e\delta$ sondern um $e\delta k$ vergrößert, wo k eine noch unbekannte Größe ist. Die Kraft ist also $= e\delta(1+k)$, und die oben genannte Formel wird ¹⁾:

$$s = \sqrt{\frac{e}{d}(1+k)} = \sqrt{\frac{g\beta H}{b}(1+k)} \dots (1).$$

Die Wärmetheorie giebt die Formel:

$$\frac{p_1}{p_0} = \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^\gamma = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

für den Fall, daß eine Luftmasse von dem Druck p_0 , dem Volumen V_0 und der Temperatur T_0 , diese vom absoluten Nullpunkte abgerechnet, zusammengedrückt wird bis die genannten Größen $= p_1$, V_1 und T_1 werden, wenn nämlich weder Wärme fort- oder zugeführt wird. γ ist hier $= \frac{c}{c_1}$. Beim Schalle geschehen die Zusammendrückungen so schnell, daß wir diese Formel hier zweifelsohne anwenden können.

Sey nun H der abgelesene Barometerstand, so wird der Druck im Wellenberge größer seyn.

Sey die Zusammendrückung $\Delta V = V_0 - V_1$, so hat man

$$h_1 = H \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^\gamma,$$

wo h_1 den Barometerstand im Wellenberge bezeichnet.

Dies ist aber nicht der Druck, der in Rechnung gebracht werden muß. Die Formel $\sqrt{\frac{g\beta H}{b}}$ würde richtig

1) Bis hieher bin ich der Auseinandersetzung der Wellenbewegung von Dr. Wüllner gefolgt. Experimental-Physik, Bd. I, Abth. 1, S. 386 u. s. f. und 470.

seyn, wenn die Zusammendrückung ohne Wärme-Entwicklung stattfände; dann wäre aber der Druck im Wellenberge auch nicht $= H$, sondern $= h_2 = H \frac{V_0}{V_1}$ dem Mariotte'schen Gesetze zufolge.

Was also, wegen der Wärme-Entwicklung hinzukommt ist:

$$= h_1 - h_2 = H \left\{ \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^\gamma - \frac{V_0}{V_1} \right\},$$

welcher Druck der Gröfse $e\delta k$ oder $H\delta k$ gleich ist, die gleichfalls die Zunahme des Druckes durch die Wärme bezeichnet.

Man hat also

$$k = \frac{\left(\frac{V_0}{V_1} \right)^\gamma - \frac{V_0}{V_1}}{\delta}$$

δ ist hier die Gröfse um welche die Moleküle einander genähert sind, nach dem ursprünglichen Abstände gerechnet, und ist also $= \frac{V_0 - V_1}{V_0}$. Diefs einführend, und $V_1 = V_0 - \Delta V$ setzend, findet man:

$$\begin{aligned} k &= \frac{\left\{ 1 - \left(1 - \frac{V_1}{V_0} \right) \right\}^{-\gamma} - \frac{V_0}{V_1}}{\frac{V_0 - V_1}{V_0}} = \frac{\left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^{-\gamma} - \left(1 - \frac{\Delta V}{V_0} \right)^{-1}}{\frac{\Delta V}{V_0}} \\ &= \frac{1 + \gamma \frac{\Delta V}{V_0} + \frac{\gamma(\gamma+1)}{1.2} \left(\frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 \dots - \left(1 + \frac{\Delta V}{V_0} + \left(\frac{\Delta V}{V_0} \right)^2 + \dots \right)}{\frac{\Delta V}{V_0}} \\ &= \gamma + \frac{\gamma(\gamma+1)}{1.2} \frac{\Delta V}{V_0} \dots - 1 - \frac{\Delta V}{V_0}. \end{aligned}$$

Vernachlässigt man die höheren Potenzen von $\frac{\Delta V}{V_0}$, so ergibt sich:

$$k = \gamma - 1 + \left\{ \frac{\gamma(\gamma+1)}{2} - 1 \right\} \frac{\Delta V}{V_0}$$

und

$$1 + k = \gamma + \left\{ \frac{\gamma(\gamma+1)}{2} - 1 \right\} \frac{\Delta V}{V_0}$$

und durch Substitution in Formel (1)

$s = \sqrt{\frac{gH\beta}{b}} \left\{ \gamma + \left[\frac{\gamma(\gamma+1)}{2} - 1 \right] \frac{\Delta V}{V_0} \right\}$
 oder mittelst binomischer Entwicklung des zweiten Factors

$$s = \sqrt{\frac{gH\beta}{b}} \left\{ 1 + \frac{\gamma(\gamma+1)-2}{4\sqrt{\gamma}} \cdot \frac{\Delta V}{V_0} \right\} \quad (2).$$

Wenn man ΔV vernachlässigt, erhält man die gewöhnliche Formel, welche also als erstes Glied der Reihe zu betrachten ist.

Bei dieser Ableitung wurde vorausgesetzt, daß ein Wellenberg bei der Fortpflanzung vorangehe; es hält aber nicht schwer einzusehen, daß die Formel auch beim vorangehenden Wellenthal gültig bleibt. Die Fortpflanzung der Welle ist eine Fortpflanzung der Bewegung der Lufttheilchen, welche durch einen Druckunterschied veranlaßt wird, in einem Falle zwischen dem Wellenberg, und der umgebenden Luft, im andern zwischen dieser Luft und dem Wellenthal. Da nun aus den Formeln folgt, daß diese Differenzen einander gleich sind, so sind auch beide Fälle identisch.

Die Geschwindigkeit ändert sich demzufolge mit der Intensität.

Wenn der Schall sich in einer Röhre fortpflanzt, so bleibt die Intensität fast ungeändert, und die Formel (2) wird dann die Geschwindigkeit angeben.

Breitet die Welle sich dagegen im Raume aus, so nimmt die Intensität ab, und die Geschwindigkeit ist also an jedem Augenblicke eine andere. Die Zeit, in welcher sie eine gegebene Strecke durchläuft, findet sich leicht auf folgende Art.

Sey der Radius der Schallwelle, die in diesem Falle eine Kugel ist, $= R$ für die Zusammendrückung $\frac{\Delta V}{V_0}$, so fragt es sich, nach wie viel Zeit die Welle den Radius r erhalte, d. i. in wie viel Zeit sie die Strecke $r - R$ durchlaufen werde. Die bei der Zusammendrückung gethane Arbeitsgröße oder die Energie der Welle ist $= 4R^2\pi p \Delta V$, wenn p der Druck ist bei dem stattfindenden Barometerstand.

Die Energie der Welle mit dem Radius ρ ist $= 4\rho^2\pi p dV$ und da diese Energie dieselbe bleibt für jede Welle, so hat man

$$4R^2\pi p \Delta V = 4\rho^2\pi p dV$$

$$dV = \frac{R^2}{\rho^2} \Delta V$$

und die Formel (2) wird also:

$$s = \sqrt{\frac{gH\beta}{\rho}} \gamma \left\{ 1 + \frac{\gamma(\gamma+1)-2}{4V\gamma} \cdot \frac{\Delta V R^2}{V_0 \rho^2} \right\}$$

wo ΔV die Zusammendrückung in der Schallwelle R ist und nur ρ sich ändert.

Setzen wir jetzt zur Vereinfachung:

$$\sqrt{\frac{gH\beta}{b}} \gamma = \mu \frac{\gamma(\gamma+1)-2}{4V\gamma} \cdot \frac{\Delta V}{V_0} = \lambda^2$$

so wird

$$s = \mu \left(1 + \lambda^2 \frac{R^2}{\rho^2} \right).$$

Aus der Formel:

$$\frac{d\rho}{dt} = \mu \left(1 + \lambda^2 \frac{R^2}{\rho^2} \right)$$

findet sich dann t mittelst Integration:

$$t = \int_R^r \frac{d\rho}{\mu \left(1 + \lambda^2 \frac{R^2}{\rho^2} \right)} = \frac{r-R}{\mu} - \frac{\lambda R}{\mu} b g \operatorname{tg} \frac{\lambda(r-R)}{\lambda^2 R + r}.$$

Legt also der Schall den Weg $r-R$ zurück, so ist die Zeit wenn die Fortpflanzung in einer Röhre stattfindet

$$t_1 = \frac{r-R}{\mu(1+\lambda^2)},$$

und im Raum

$$t_2 = \frac{r-R}{\mu} - \frac{\lambda R}{\mu} b g \operatorname{tg} \frac{\lambda(r-R)}{\lambda^2 R + r}.$$

Prüfen wir diese Formel für einen bestimmten Fall.

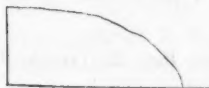
Für $\mu = \sqrt{\frac{gH\beta}{b}} \gamma$ nehme ich den Mittelwerth der Wertheim'- und Masson'schen Versuche $= 331$ Meter; dieser Werth ist gefunden mittelst Orgelpfeifen, wobei die Inten-

sität nicht groß ist. Hieraus folgt mit der gewöhnlichen Formel $\gamma = 1,398$ und $\lambda^2 = 0,2857 \frac{AV}{V_0}$.

Der Werth $\frac{AV}{V_0}$ ist nur angenähert zu finden; folgenderweise habe ich versucht, die Formel auf die Moll- und van Beek'schen Versuche anzuwenden.

Den Regnault'schen Angaben (*Cours de Chimie*, T. II, p. 291) zufolge nehme ich für das Volumen des Pulverdampfes bei 0° und 0,760 Meter Druck das 329fache vom Volumen des Pulvers, und da die Temperatur viel höher ist, so hat man jedenfalls das Dreifache dieses Werthes zu nehmen. Das spezifische Gewicht des Pulvers mit Regnault = 1 setzend, wird das Volumen eines Kilogrammes Pulverdampfes $= 329 \times 0,003 = 0,987$ Kub.-Meter. Bei obengenannten Versuchen war die Quantität des verbrauchten Pulvers immer gleich 3 Kilogrammen, und das entwickelte Volumen demgemäß 2,961 Kub.-Meter.

Nun ist die Wellenlänge noch zu bestimmen. Da ich nicht Gelegenheit hatte, diese direct zu ermitteln, so nahm ich für die Tonhöhe eines Kanonenschusses den tiefsten in Orchestern vorkommenden Ton A_H von $27\frac{1}{2}$ Schwingungen in der Secunde. Die Wellenlänge ist dann $\frac{331}{27,5} = 12,04$ Meter. Es bildet sich jetzt an der Mündung des Geschützes ein halber Wellenberg, wie in nebenstehender



Figur angedeutet ist. Dessen Länge ist ungefähr 3 Meter, und das Volumen einer Kugel mit diesem Radius $= 113,1$ Cub.-Meter. Entwickelt sich in diesem Raum ein Volumen Gas von 2,961 Kub.-

Meter, so ist die Verdichtung $= \frac{2,961}{113,1} = \frac{1}{38}$ ungefähr.

Ferner ist $R = 3$, r bei Moll und van Beek $= 17669$ Meter, $\lambda^2 = 0,2857 \times \frac{1}{38} = 0,00752$ und $\lambda = 0,0872$.

Obengenannte Formeln geben dann:

$$t_1 = 52,974, \quad t_2 = 53,371.$$

Das zweite Glied ist $= 0,0000687$ und also unmerklich.

Es ergibt sich also für den Unterschied der Fortpflanzungszeit in einer Röhre und im Raume für diesen Fall 0,4 Secunden, oder für den in derselben Zeit zurückgelegten Weg 132,4 Meter.

Das Unmerklichwerden des zweiten Gliedes im Werthe von t_2 hat Interesse. Es bleibt dann $t_2 = \frac{r-R}{\mu}$, d. i. die gewöhnliche Formel. Bei der Fortpflanzung im Raum ist demzufolge sogar bei Kanonenschüssen der Einfluß der Intensität unmerkbar.

Ich hatte anfangs gedacht, die Bemerkung von Rofs, von der oben die Rede war, würde sich mittelst dieser Formel erklären lassen. Dieß ist aber nicht der Fall, da der Unterschied viel zu unbeträchtlich ist. Dagegen scheint sie noch ganz unerklärt zu seyn, und auch Le Conte in seiner Abhandlung über den Schall (*Phil. Mag. Jan. 1864*) nimmt keine weitere Rücksicht auf sie als eine ganz isolirte Erscheinung, die überdieß nicht hinreichend bestätigt sey. In den »Fortschritten der Physik« (Berlin 1860, S. 167) wird sie für eine psychologische Sinnestäuschung erklärt.

Das erhaltene Resultat der ungleichen Geschwindigkeit widerstreitet keineswegs der Poisson'schen Theorie. Freilich fand er die Geschwindigkeit unabhängig von der Intensität; allein bei seiner Entwicklung hat er die Vibrationsgeschwindigkeit, auf die es eben ankommt, vernachlässigt, um die partiellen Differential-Gleichungen integrieren zu können.

Da also der Einfluß der Intensität auf die Geschwindigkeit bei Kanonenschüssen ganz verschwindet, hat es sein besonderes Interesse, die genauesten auf diese Art angestellten Versuche, welche, wie oben gesagt, die von Moll und van Beek sind, aufs neue zu berechnen, um hieraus den Werth von γ und sodann das mechanische Wärmeäquivalent abzuleiten.

Berechnung der Versuche von Moll und van Beek.

Diese Versuche wurden angestellt am 27. und 28. Juni 1823. Die beiden Stationen waren zwei Hügel, Kooltjes-

berg und Zevenboomen in der Nähe von Amersfoort, 5 Meilen von Amsterdam. An der ersten Station war Moll, an der anderen van Beek.

Die Signale waren Kanonenschüsse, welche gleichzeitig an beiden Stationen abgefeuert wurden. Alle nicht gleichzeitigen Beobachtungen wurden ausgeschlossen, um den Einfluß des Windes zu eliminiren.

Die Beobachtungsdata sind

Tag	Anzahl der Bestimm.	Geschw. per Sec.	Barom. m	Therm. ° C.	Dampfdruck in Meter
27	44	340,06	0,74475	11,16	0,00925307
28	28	339,34	0,74815	11,00	0,00840465

Die Barometer und Thermometer wurden fortwährend an beiden Stationen abgelesen, und obenstehende Werthe sind die Mittel aus allen Bestimmungen. Die Barometerstände sind corrigirt für Temperatur und Capillarität.

Die Temperaturangabe am 28. Juni ist um 0,21 von der bei der früheren Reduction angewandten verschieden, da hierbei ein Rechnungsfehler begangen worden ist.

Es ergab sich hieraus für die Schallgeschwindigkeit in trockner Luft bei 0° und 0,760 Meter Druck.

27. Juni 332,38

28. " 331,72

332,05.

Da hierbei einige Correctionen vernachlässigt, und die Reductionsconstanten später von Regnault viel genauer bestimmt worden sind, so mag hier die ganze Berechnung wiederholt seyn. Für die Länge der Basis fanden Moll und van Beek 17669,28 Meter, welcher Werth mittelst Triangulation bestimmt war, wobei von der Krayenhoff'schen Vermessung ausgegangen wurde. Mein hochverehrter Lehrer, Prof. van Rees in Utrecht, theilte mir jedoch mit, bei einer Ueberrechnung unter Anwendung der verschiedenen Bedingungsgleichungen der Dreiecke, welche nicht in Rechnung gezogen waren, aus den vier von Moll früher berechneten Dreieckscombinationen die folgenden Resultate erhalten zu haben:

17669,510

17669,498

17669,510

17669,518

Mittel: 17669,509 Meter

Die directen Zeitbestimmungen geschahen mittelst Tertienuhren mit konischen Pendeln. Diese wurden während der Beobachtungen fortwährend mit zwei Chronometern verglichen, von denen sich einer auf jeder Station befand.

Von der Station Zevenboomen werden 89 Vergleichen mitgetheilt, und hieraus der Werth einer Minute mittlerer Zeit = 69,63 Umdrehungen des Zeigers der Tertienuhren abgeleitet. Für den wahrscheinlichen Fehler dieses Mittels ergab sich 0,0036 oder $\frac{0,0036}{69,63} = \frac{1}{23000}$ dieses Werthes.

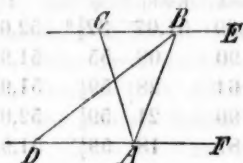
Von der Station Kooltjesberg werden 21 Vergleichen angegeben. Es ergab sich eine Minute = 69,433 Umdrehungen mit dem wahrscheinlichen Fehler = 0,023 oder $\frac{1}{3400}$.

Der Gang der Chronometer war an den vorbegehenden Tagen, aber nicht während den Beobachtungen, bestimmt worden. Der Chronometer am Zevenboomen gab fast genau die mittlere Zeit, der andere retardirte aber täglich ungefähr 14 Secunden. Diese Verzögerung ist damals nicht in Rechnung gebracht; es ergibt sich aber deren Einfluss als ganz unmerkbar, da dieser $\frac{14}{24 \times 60} = \frac{1}{100}$ Sec. per Minute beträgt, was ungefähr die für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit gebrauchte Zeit ist.

Hieraus ergibt sich auch, dass eine kleine Veränderung im täglichen Gange ohne Einfluss auf das Resultat ist.

Die Meinung, der Einfluss des Windes werde mittelst gleichzeitiger Schüsse eliminirt, ist unrichtig. Dies ist schon der Fall, wenn die Richtung des Windes mit der Basis zusammenfällt, und in noch höherem Maasse gilt es, wenn die Richtungen verschieden sind.

In einer Abhandlung (Garnier und Quetelet, *Correspondance math. et phys.* 1826, T. II p. 22) hat Prof. van Rees dieß schon bemerkt, und den Einfluß des Windes folgenderweise berechnet.



A und B sind die beiden Stationen, CE und DF giebt die Windesrichtung an.

Der Schall pflanze sich jetzt in ruhiger Luft von A bis C fort in der Zeit t ; in derselben Zeit werde aber das Lufttheilchen C vom Winde nach B geführt, so wird der Beobachter in B den Schall aus A nach der Zeit t hören, und ebenso hört der Beobachter in A den Schall aus B nach der Zeit t' , wenn der Schall sich in dieser Zeit bis D ausbreitet, und der Wind das Theilchen D in derselben Zeit nach A führt.

Sey s die Geschwindigkeit des Schalles in ruhiger Luft

v die Geschwindigkeit des Windes

$AB = \alpha$ $\angle BAF = \varphi$, dann ist

$AC = st$, $CB = vt$, $BD = st'$, $AD = vt'$

Es geben nun die Dreiecke:

$$s^2 t^2 = \alpha^2 + v^2 t^2 - 2\alpha vt \cos \varphi \quad . \quad . \quad (1)$$

$$s^2 t'^2 = \alpha^2 + v^2 t'^2 + 2\alpha vt' \cos \varphi \quad . \quad . \quad (2)$$

woraus folgt nach Elimination von s^2

$$v = \frac{\alpha(t' - t)}{2tt' \cos \varphi} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

α , t , t' und φ sind bekannt, und die Geschwindigkeit des Windes läßt sich also nach dieser Formel berechnen. Mit-
telst Substitution in 1 oder 2 findet sich dann

$$s = \alpha \sqrt{\frac{1}{tt'} + \frac{(t' - t)^2}{4t^2 t'^2 \cos^2 \varphi}} \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Nach dieser Formel sind alle Beobachtungen überrechnet.

Für jede Beobachtung ist für jede Station die Richtung des Windes in Theilen der Windrose mitgetheilt. Das Azimuth der Basis war in der Richtung Zevenboomen-Kooltjesberg $32^\circ 30' 55''$,8 westlich vom Norden. Der Winkel φ war somit bekannt.

War die Richtung des Windes an beiden Stationen einigermassen verschieden, so wurde die mittlere genommen. Auf diese Art findet man für den 27. Juni die folgenden Bestimmungen.

Zevenb.	Kooltj.	φ	δ	Zevenb.	Kooltj.	φ	δ
52,90	51,17	$32\frac{1}{2}^{\circ}$	52,02	52,99	51,07	$32\frac{1}{2}^{\circ}$	52,01
69	50,89	$43\frac{3}{4}$	51,77	90	08	55	51,96
71	68	$26\frac{1}{2}$	51,67	64	28	$59\frac{1}{2}$	51,93
92	80	$37\frac{1}{2}$	51,83	90	21	$59\frac{1}{2}$	52,02
84	86	$43\frac{3}{4}$	51,83	87	18	$59\frac{1}{2}$	51,99
53,04	89	$32\frac{1}{2}$	51,93	92	33	$59\frac{1}{2}$	52,08
52,89	51,01	$43\frac{3}{4}$	51,93	91	38	$43\frac{3}{4}$	52,13
79	00	$49\frac{1}{2}$	51,87	64	35	55	51,96
83	50,99	$48\frac{1}{2}$	51,89	57	32	55	51,93
77	96	$32\frac{1}{2}$	51,83	90	14	$37\frac{1}{2}$	52,01
79	51,10	$48\frac{1}{2}$	51,92	96	01	$43\frac{3}{4}$	51,96

Im Mittel $51,94$, woraus für die Geschwindigkeit per Sekunde folgt $340,37$ Meter.

Für den 28. Juni findet man:

Zevenb.	Kooltj.	Mittel	Zevenb.	Kooltj.	Mittel
51,81	52,12	51,96	52,18	50,17	51,17
94	10	52,02	40	52,19	52,30
77	51,28	51,52	27	62	44
98	52,51	52,24	27	51,66	51,96
52,17	46	52,32	23	52	88
15	28	52,22	49	99	52,25
25	53,10	52,67	56	60	08
		Mittel: $52,18$			$51,97$
					$52,07$

Wiewohl für diesen Tag die Windesrichtung auch angegeben ist, so war es doch unmöglich die Correction, wie am 27. Juni unmittelbar an jeder Beobachtung anzubringen, da die Windkraft nicht beobachtet, sondern aus den Zeitbeobachtungen abgeleitet ward; die Correction wird deshalb völlig unsicher, wenn die Beobachtungsfehler beträchtlich sind. Dieß war am 28. Juni der Fall, an welchem Tage nicht so gut beobachtet wurde als am vorhergehenden. Wiewohl die Bestimmung an den Zevenboomen

der Windesrichtung wegen stets größer als am Kooltjesberg seyn mußte, so findet doch häufig das Umgekehrte statt, was nur aus Beobachtungsfehler hervorgehen kann. Deshalb habe ich die Correction am Mittel angebracht mit der mittleren Windesrichtung. Man findet dann $52^{\circ},08$, woraus sich für die Geschwindigkeit ergibt: 339,27 Meter.

Diese zwei Bestimmungen müssen nun reducirt werden auf trockne Luft, auf 0° C. und auf 0,760 Meter Druck.

Die mittlere Spannung p des Wasserdampfes war

27. Juni 0,00925307

28. „ 0,00840467

Wenn man für die Dichtigkeit des Wasserdampfes den Werth von Gay-Lussac $= \frac{2}{3}$ der Luft annimmt, welche Bestimmung mit der Regnault'schen fast zusammenfällt, so giebt die Formel $s_0 = s \sqrt{\frac{k - \frac{2}{3}p}{k}}$ für die zwei Bestimmungen

339,57 und 338,55,

welche nun noch wegen Temperatur und Druck corrigirt werden müssen.

Aus der Formel $s = \sqrt{\frac{H \beta g}{b} \frac{c}{c_1}}$ folgt nun für die Geschwindigkeit der Luft bei zwei verschiedenen Zuständen wenn die Veränderungen von $\frac{c}{c_1}$ als unmerklich vernachlässigt werden:

$$s : s_0 = \sqrt{\frac{H}{b}} : \sqrt{\frac{H_0}{b_0}} = \sqrt{p v} : \sqrt{p_0 v_0} = \sqrt{k T} : \sqrt{k_0 T_0}$$

H ist nämlich dem Druck p in Kilogr. per Quadratmeter direct, und b dem Volumen v umgekehrt proportional, und ferner ist $p v = k T$, wenn T die absolute Temperatur und k eine von der Temperatur und dem Druck abhängige Constante ist, wie früher angegeben worden ist¹⁾.

Nimmt man für H corrigirt für den Wasserdampf im Mittel 0,744, so findet man nach der früher angegebenen Formel:

1) Pogg. Ann. Bd. 116, S. 429. Ueber die Abweichungen der wirklichen Gase vom Mariotte'schen Gesetze.

$$k_A^{100} = 1,00032 \quad k_A^{100} = 1,00065, \text{ also } k_A^{100} = 1,00034 \\ k_{0,76}^{100} = 1,00029 \quad k_{0,76}^{100} = 1,00065, \text{ so } k_{0,76}^{100} = 1,00028$$

wodurch die Abweichungen vom Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze berücksichtigt werden.

Die absolute Temperatur, wie sich diese am genauesten aus dem Wasserstoff ableiten läßt¹⁾, — 273,15 setzend, hat man:

$$27. \text{ Juni } T = 284,31$$

$$28. \text{ „ } T = 284,15$$

Mittelst Substitution dieser Werthe findet sich:

$$27. \text{ Juni } 332,82 \text{ Meter}$$

$$28. \text{ „ } 331,91$$

$$\text{Differenz} = 0,91$$

Um die Werthe dieser Bestimmungen einigermaßen vergleichen zu können, sind für beide die wahrscheinlichen Fehler berechnet. Für den 27. Juni wurden diese aus der Spalte s und für den 28. Juni aus der letzten Spalte abgeleitet. Es ergibt sich dann für die Summe der Quadrate:

$$27. \text{ Juni}$$

$$28. \text{ Juni}$$

$$2210$$

$$18715$$

woraus für den wahrscheinlichen Fehler einer Beobachtung in Sekunden folgt:

$$0,069$$

$$0,256$$

und für die der Mittel:

$$0,0147$$

$$0,0654$$

Dies ist der wahrscheinliche Fehler in der Bestimmung der Fortpflanzungszeit von 52 Sekunden, und also für eine Secunde:

$$0,00028$$

$$0,00684$$

und in Metern:

$$0,096$$

$$0,442$$

Wegen dieser Unterschiede der wahrscheinlichen Fehler darf man hier nicht das arithmetische Mittel der beiden Bestimmungen nehmen, sondern muß die Gewichte berechnen. Diese verhalten sich wie:

1) Pogg. Ann. Bd. 116 S. 434.

$$\frac{1}{96^2} : \frac{1}{442^2} = 20 : 1 \text{ ungefähr.}$$

Man hat also:

		wahrsch. Fehler	Gewicht
27. Juni	332,82	0,096	20
28. „	331,91	0,442	1

woraus für die Geschwindigkeit des Schalles in trockner Luft bei 0° C. und 0,760 Meter Druck folgt:

$$332,77 \pm 0,093 \text{ Meter.}$$

Man findet also 0,72 Meter mehr als bei der früheren Berechnung.

In einer Hinsicht ist dieser gefundene wahrscheinliche Fehler noch etwas zu groß. Während der Beobachtungen jedes Tages waren nämlich Temperatur und Druck nicht constant, sondern ein wenig veränderlich. Nimmt man das Mittel dieser Ablesungen, so bleibt das Endresultat un geändert, aber der wahrscheinliche Fehler würde einen etwas geringeren Werth haben, wenn man jede Beobachtung erst auf dieselbe Temperatur und denselben Druck reducirt hätte. Andererseits ist aber in dieser Angabe der Fehler der Reductionselemente, so wie ein möglicher, aus einen unrichtigen Gang der Uhren hervorgegangener constanter Fehler nicht einbegriffen. Die ersten folgen aber aus Regnault's Bestimmungen, die mit einer viel größeren Genauigkeit als $\frac{1}{1000}$ bekannt sind, und auch der letzte Einfluss kann schwerlich einen größeren Fehler hervorrufen.

Ist es jedoch auch nicht völlig sicher, dass der wirkliche Werth zwischen den vom wahrscheinlichen Fehler angegebenen Gränzen liege, so scheint mir doch der gefundene Werth jedenfalls auf $\frac{1}{1000}$ sicher, und mit Bestimmtheit lässt sich demzufolge behaupten, dass der wahre Werth zwischen 333,10 und 332,44 liegen müsse.

Von einer Prüfung dieses Werthes an der Theorie kann keine Rede seyn, da $\frac{c}{c_1}$ bei weitem nicht mit gleicher Genauigkeit bekannt ist.

Umgekehrt läßt sich aber dieser Werth aus der Formel

$$s = \sqrt{\frac{H\beta g}{b} \frac{c}{c_1}} \text{ berechnen.}$$

$$s = 332,77$$

$$H = 0,760$$

$$\beta = 13,59593$$

$$g = 9,8096$$

$$b = 0,001293187$$

woraus folgt: $\frac{c}{c_1} = 1,4128 \pm 0,0008$, mit Berücksichtigung des wahrscheinlichen Fehlers der Schallgeschwindigkeit.

Nimmt man für die äußerste Fehlergränze der Schallgeschwindigkeit wieder $\frac{1}{1000}$, so findet man daß der Werth von $\frac{c}{c_1}$ jedenfalls zwischen 1,4104 und 1,4152 liegen muß.

Eigentlich muß dieser Werth noch eine kleine Correction erfahren, da hierbei angenommen wurde, daß der Werth von $\frac{c}{c_2}$ derselbe sey bei Luft und Wasserdampf. Die Masse des letzteren war zur Zeit der Beobachtungen ungefähr $\frac{1}{11}$ von der der Luft. Der Werth von $\frac{c}{c_1}$ für Wasserdampf ist nicht bekannt; nimmt man aber dafür den Werth 1,2, welchen Dulong bei leicht condensirbarem Gase, wie schweflige Säure, gefunden hat, so ergibt sich eine Berichtigung $= 0,0026$ und man hat dann für trockne Luft $\frac{c}{c_1} = 1,4144$. Diese Berichtigung bleibt aber ziemlich unsicher.

Hieraus läßt sich dann das mechanische Wärme-Aequivalent berechnen, worauf ich in einer folgenden Abhandlung zurückzukommen denke.

Zütphen, 19. November 1864.

VIII. *Beitrag zur Fluorescenz des Lichtes;*
 von *Dr. Prof. Fr. Jos. Pisko in Wien.*

Bei Gelegenheit der öffentlichen Vorträge über die Farbenlehre, welche Hr. Prof. Dr. Schrötter im Interesse des hiesigen k. k. Museums für Kunst und Industrie im Laufe dieses Winters an je zwei Abenden wöchentlich hielt, wurde ich ersucht einige Fluorescenzerscheinungen der im Hörsale des Hrn. Prof. Dr. Schrötter sehr zahlreich versammelten Gesellschaft mit Hilfe einer kleineren (15 zölligen) Winter'schen Elektrisirmaschine vorzuführen. Es wurden behufs dessen die bekannten Erscheinungen an den Geisler'schen Fluorescenzröhren und an einigen ähnlichen modificirten Apparaten hervorgerufen. Ueberdies, aber ordnete ich einige Versuche nach einem anderen Principe an, welche der Elektriker, Hr. Winter, ausführte. Da auch diese von gutem Erfolg waren, so dürfte es nicht überflüssig erscheinen, die Einrichtung dieser »*Collegien-Versuche*« hier bekannt zu geben:

1. Die Basis eines kleinen (14linigen) Würfels aus *Uranglas* wurde an zwei, in diagonalen Richtung liegenden Ecken mit einem Stückchen Stanniol beklebt. Das eine Stanniolstückchen *m* (Fig. 9 Taf. V) sollte als Zuleiter, das andere *n* als Ableiter für den elektrischen Funken dienen. Sobald man dann, bei einem zweizölligen Abstände des Funkenziehers vom Conductor, einen Funken an der Basis des Uranglaswürfels von einem Stanniolstückchen zum andern überspringen liefs, erhellte sich der Würfel in der intensivsten Weise mit dem herrlichsten Grün. Ein hinter dem Würfel aufgestelltes, weisses Papier *P* war von dem Fluorescenzlichte hellgrün beleuchtet, wodurch der Versuch noch augenfälliger gemacht worden war. Eine Unterlage von weissem Papier war der Erscheinung günstiger als ein dunkler Boden. Bei keiner andern, mannigfach abgeänderten Anordnung des Versuches kam die Erscheinung so

schön wieder. So z. B. wurde der elektrische Funke an den Seiten und über dem Würfel hingeleitet. Die Fluorescenz trat zwar deutlich auf, blieb aber an Effect weit hinter jenem zurück, wenn der elektrische Funke den Würfel von unten beleuchtete.

2. Ein zwölf Zoll langes, zwei Zoll breites und drei Linien dickes Lineal *LL* (Fig. 10 Taf. V) aus Uranglas wurde unter 45 Grad gegen den Horizont geneigt und zwischen Stiften fest gemacht, und zwar so, daß der Glasstreif auf den zwei Stiften *m* und *n* ruhte, während die Stifte *o* und *w* eine Verschiebung des Glaslineals nach vorne und die Stifte *x* und *z* seine Verrückung nach der Seite hinderten. Vor dem gläsernen Lineal wurde ein Rahmen *RR* aus Pappe parallel aufgestellt. Der Rahmen war auf jener Seite, welche er dem Glasstreifen zuwendete, nach dem Principe der sogenannten elektrischen Illumination mit Stannioflitter 1, 2, 3, 4 . . . besetzt. Sobald längs des Rahmens die elektrischen Funken hingesendet wurden, beleuchteten sie in *gleichmäßiger* Weise den Uranglasstreifen von vorne, der in sehr eclatanter Weise fluorescirte, was noch durch einen weißen Hintergrund aus Papier *PP*, indem er das Fluorescenzlicht reflectirte, gehoben wurde. Der Rahmen wurde in der Zeichnung in einer *ingelegten* Lage dargestellt, damit die Illuminations-Vorrichtung ersichtlich werde. Beim Versuche wird der Rahmen aufgestellt, so daß die Funkenstreifen dem Glase zugewendet werden. Der Gang der Elektricität längs der Funkenbänder ist durch Pfeile angedeutet. Wenn man das Lineal unmittelbar mit Stanniolstückchen beklebt und den elektrischen Funken längs dem Lineal hinsendet, so steht der Erfolg bei weitem jenem beim vorher beschriebenen Verfahren nach. Auch die dabei gewählte Lage des Lineals zeigte sich nach vielem Tatonniren als die günstigste.

3. In ähnlicher Weise wurde ein *großes Parallelepiped PP aus Uranglas* (Fig. 11 Taf. V) durch einen vorge-

stellten, elektrisch illuminirten Rahmen *RR* zum effectvollen Fluoresciren gebracht. Die Zeichnung ist jedoch der leichteren Verständlichkeit halber so angefertigt, daß die Illuminations-Vorrichtung hinter dem Würfel erscheint. Es ist also dabei angenommen, das Publikum befinde sich hinter dem Rahmen. Dadurch ist so wie bei dem vorigen Apparate vermieden, daß der Zuschauer auch die elektrischen Funken wahrnehme.

4. Sehr auffallend fluorescirte auch die Schrift, welche mit Barium-Platin-Cyanür auf orange-gelbem Papier aufgetragen und in eine *große »Fluorescenz-Mappe«* (Pisko, Fluorescenz des Lichtes, Wien 1861, S. 49) gebracht worden war, als sie nach dem Principe der elektrischen Illumination mit *blauem* Lichte erhellt wurde. Zu diesem Behufe wurde die *blaue* Glastafel der Fluorescenz-Mappe (Fig. 12) von außen in Form eines Z mit Stanniolflittern in kleinen Abständen beklebt und der elektrische Funke, bei einem zweizölligen Abstände des Funkenziehers vom Conductor, darüber hingeleitet. Die offene Seite der Fluorescenz-Tasche war selbstverständlich dem Publikum zugewendet. Die Fluorescenz-Tasche wird einfach durch einen gegen die Kante *aa* in das Innere der Mappe geschobenen Keil offen gehalten. — Die Barium-Platin-Cyanür-Schrift, unmittelbar mit dem vom Funkenzieher ausgehenden elektrischen Büschel bestrahlt, gab zwar (wie vorausszusehen war) schöne Fluorescenzerscheinungen, aber für Vorlesungsversuche nicht genug in die Augen springend.

5. Bei Anwendung des *verstärkten* Funkens (mit Hülfe eines zur Maschine im richtigen Verhältniß stehenden Leydener Glases), kamen zwar sämtliche Erscheinungen lichtstärker, aber in Beziehung auf die Fluorescenz weniger befriedigend; offenbar daher, weil nun die auch im elektrischen Lichte enthaltenen, nicht fluorescirenden Strahlen, vorwiegend waren. Schaltete man diese, wie bei der Fluorescenz-Mappe, mittelst eines blauen Glases aus, dann war auch die Wirkung des verstärkten Funkens in Beziehung

auf die Fluorescenz bedeutender als jene des einfachen Funkens.

Die Beleuchtung der fluorescirenden Stoffe mittelst elektrischer Funkenbänder wird also, wie die hier angeführten Beispiele zeigen, überall da anzuwenden seyn, wo man das im luftverdünnten Raume auftretende Licht mit dem fluorescirenden, durchsichtigen Stoffe nicht umgeben kann, also bei massiven, fluorescirenden Materien, welche von aufsen mit zweckmäfsig vertheiltem, elektrischem Lichte zu erhellen sind.

6. Es war vorauszusehen, dafs das photographisch wirk-same Licht des verbrennenden Magnesiumdrahtes reich an fluorescirenden Strahlen seyn dürfte. Hr. Prof. Schröt-ter kam daher auf die Idee einige Fluorescenz-Versuche damit auszuführen. Als er Urangläser, Aesculin- und Chi-ninlösungen damit beleuchtete, war die Wirkung trotz der erwarteten Fluorescenz überraschend, besonders, wenn der verbrennende Draht über der in grossen Glasgefäfsen ent-haltenen Aesculin- und Chininlösungen gehalten wurde. Die Flüssigkeiten waren dann beinahe einen Zoll tief mit dem schönsten Blau gefärbt. Alle vorhin mit Hülfe der Elektrisirmaschine ausgeführten Versuche lassen sich mit-telest des verbrennenden Magnesiums noch schöner als mit dem elektrischen Funken ausführen. Bei der Fluorescenz-Mappe mufs jedoch das Magnesiumlicht vom Zuschauer-Raum abgehalten und nur durch das blaue Glas der Mappe geleitet werden. — Hr. Professor Schrötter studirt nun die fluorescirende Wirksamkeit des Magnesiumlichtes wei-ter und wird darüber selbst berichten. — Es versteht sich von selbst, dafs bei den angeführten Versuchen der Hör-saal verfinstert wurde.

Zum Schlusse habe ich noch die Mittheilung zu machen, dafs Hr. Prof. Schrötter in dem Präparate »Platin-Cä-sium-Sulfür, gelöst in 100 Theilen Schwefelkohlenstoff« welches mir Hr. Prof. Kletzinsky für meine Fluorescenz-Studien zu Gebote stellte (siehe diese Annalen Bd. CXXIII S. 167 bis 170) weder eine Spur von Platin noch Cäsium

entdecken konnte. Als ich Hrn. Prof. Kletzinsky um Aufklärung dieser höchst sonderbaren Thatsache ersuchte, indem ich ihm gleichzeitig einen Theil der betreffenden Auflösung zurückstellte, schrieb er mir: Nach seiner Untersuchung über den fraglichen Punkt hätten sich das Cäsium und das Platin an der inneren Wand des Fläschchens abgesetzt und die Fluorescenz der Flüssigkeit rühre von einem Schillerstoff der Naphta aus Krasne in Galizien her, der von einem seiner Mitarbeiter *irrthümlicher Weise* in die Auflösung gebracht worden war. Hr. Prof. Schrötter war aber anderseits der Meinung, die im hohen Grade fluorescirende Kletzinsky'sche Flüssigkeit sey nichts anderes als die wohl filtrirte Auflösung von *Steinkohlentheer in Schwefelkohlenstoff*. Er stellte daher eine solche dar, und diese zeigte in der That, bei gehöriger Verdünnung mit Schwefelkohlenstoff, ganz dieselben Fluorescenz-Erscheinungen. Da ich schon bei meiner Arbeit über die Fluorescenz der mir vom Prof. Kletzinsky übergebenen Flüssigkeit die große Aehnlichkeit ihres fluorescirenden Verhaltens mit der galizischen Naphta bemerkt hatte (diese Annalen Bd. CXXIII S. 169, Absatz 2 von unten), so wurde jetzt zur Probe das tiefbraune, galizische Erdöl mit Schwefelkohlenstoff verdünnt und eine Flüssigkeit erhalten, welche ganz die nämliche Fluorescenz zeigte, wie die Steinkohlentheerauflösung vom Hrn. Prof. Schrötter und die Flüssigkeit vom Hrn. Prof. Kletzinsky. Die Gleichheit dieser drei Flüssigkeiten in Beziehung auf Fluorescenz ist so vollkommen, daß Jedermann dieselben dem bloßen Ansehen nach ohne weiteres für identisch hält; nur der Geruch dient als vorläufiges Unterscheidungsma. Und auch in dieser Beziehung gleicht die Kletzinsky'sche Flüssigkeit bis zum Verwechseln der vom Hrn. Prof. Schrötter dargestellten Auflösung von *Steinkohlentheer in Schwefelkohlenstoff*.

Auf eine solche werden also meine in diesen Annalen Band CXXIII, Seite 167 veröffentlichten Beobachtungen zu reduciren seyn. — Dasselbst ist statt »neues Spectrum« »reines Spectrum« zu lesen. — Da mich der vorhin

besprochene Gegenstand interessirte, so wurde das tiefbraune galizische Erdöl auch mit *Terpentinöl* verdünnt. Die Fluorescenz war noch auffallender als bei der Verdünnung desselben Erdöls mit Schwefelkohlenstoff. Auch bei dieser Mischung zeigte sich das *Grün* im reflectirten Tageslichte, aber mit einer ganz anderen Nuance als das unter gleichen Umständen reflectirte Grün des mit Schwefelkohlenstoff verdünnten Erdöls. Das Olivengrün des letzteren hat nämlich einen Stich ins Braune der dem ersteren fehlt.

XI. Ueber die Verschiedenheit der Wärme welche rauhe und glatte Oberflächen ausstrahlen; von G. Magnus.

Seit John Leslie's Untersuchungen über die Wärme weiß man, daß die Metalle bei rauher Oberfläche mehr Wärme ausstrahlen als bei glatter, aber dieß merkwürdige Phänomen ist im Ganzen wenig studirt und manche Fragen bleiben in Betreff desselben zu beantworten übrig. Melloni und seine Nachfolger haben sich mit den von verschiedenen Körpern bei verschiedenen Temperaturen ausgehenden Strahlen beschäftigt; die Verschiedenheit der Ausstrahlung eines und desselben Körpers bei unveränderter Temperatur aber verschiedener Oberfläche ist bis jetzt sehr wenig untersucht. Zuerst war in Bezug auf diese Verschiedenheit die Frage zu beantworten, ob die Spitzen, welche die rauhe Oberfläche darbietet, die größere Ausstrahlung veranlassen. Melloni¹⁾ und Knoblauch²⁾ haben gezeigt, daß dieß nicht der Fall sey, daß die größere Ausstrahlung vielmehr auf einer Abnahme der Dichte beruht, welche die Oberfläche erfährt, wenn sie auf

1) *Thermochroïse* p. 90. Anmerkung.

2) *Pogg. Ann.* Bd. LXX, S. 340.

eine bestimmte Weise rauh gemacht wird; und ich selber¹⁾ sowie schon Andere vor mir, haben die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, daß außer der geringeren Dichte auch der Zustand größerer Vertheilung, in dem sich die rauhe Oberfläche befindet, die größere Ausstrahlung veranlaßt. Sonst ist kaum etwas über die Verschiedenheit der Ausstrahlung bekannt.

Rührt die größere Ausstrahlung, welche bei gleicher Temperatur von der rauhen Oberfläche stattfindet, davon her, daß in ihr mehr Theile als in der glatten die Wärme ausstrahlen, oder ist die Intensität der einzelnen Strahlen größer? Mit anderen Worten sind die Amplituden der in der rauhen Oberfläche oscillirenden Theilchen größer? Sind die von beiden Oberflächen ausgesandten Strahlen von gleicher oder von verschiedenen Wärmefarben? Das sind Fragen, die man bis jetzt noch nicht aufgeworfen hat. Ohne Zweifel, weil sich ihrer Beantwortung Schwierigkeiten entgegenstellten, die für den Augenblick nicht zu beseitigen waren.

Durch die Beobachtung, welche ich der Akademie der Wissenschaften hierselbst im August d. J. mitgeteilt habe, nach welcher Platin, in der Flamme eines Bunsen'schen Brenners erhitzt, nahe doppelt so viel Wärme ausstrahlt, wenn es mit Platinschwamm bedeckt ist, als im glatten Zustande, bot sich die Möglichkeit, einen Theil jener Fragen zu beantworten. Dabei wurde von folgender Betrachtung ausgegangen.

Durchgang der Wärme des glatten und des rauhen Platins.

Wenn die Strahlen, welche von beiden Flächen, der rauhen und der glatten ausgesendet werden, von gleicher Wellenlänge und gleicher Intensität wären, so könnte die größere Erwärmung, welche die rauhe Oberfläche hervorbringt, nur dadurch entstehen, daß mehr Theilchen in ihr vorhanden sind, welche die Wärme aussenden. Wenn

1) Monatsberichte der Akad. d. Wiss. zu Berlin 1864, S. 593.

dann die Strahlen durch verschiedene Medien hindurchgehen, so würden stets proportionale Mengen derselben absorbirt werden. Wenn dagegen die rauhe Fläche andere Farben aussenden sollte als die glatte, so ist anzunehmen, daß unter den verschiedenen Medien, durch welche man die Strahlen gehen läßt, sich einzelne finden würden, welche gewisse der neu hinzugetretenen Farben in einem stärkeren Verhältniß als die übrigen absorbiren. Es kam deshalb darauf an, den Durchgang der von beiden Oberflächen ausgehenden Strahlen durch verschiedene Medien zu untersuchen und miteinander zu vergleichen.

Für einen solchen Vergleich war es nothwendig, die beiden Oberflächen von ganz gleicher Größe anzuwenden. Zu dem Ende wurden zwei kreisrunde Platten von 10^{mm} Durchmesser, mittelst eines Hohleisens, aus demselben Platinblech von 0^{mm},3 Dicke ausgestochen. Jede derselben wurde durch drei ganz feine Platindrähte vertical in einer zu diesem Zwecke besonders construirten Vorrichtung befestigt, welche gestattete, sie nacheinander genau an dieselbe Stelle in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners zu bringen. Die Flamme dieses Brenners, zu welchem das Gas durch einen Regulator gelangte, war sehr constant. Die durch sie erhitzte Platinscheibe stand der vorderen Fläche der Säule parallel gegenüber und zwar so, daß ihr Mittelpunkt genau in der Verlängerung der Axe der Thermosäule lag. Ihr Abstand von der Säule betrug 280^{mm}. Zwischen beiden befand sich ein großer Schirm mit einem Diaphragma, durch welches die Strahlen zur Säule gelangten. Dasselbe hatte gleichen Durchmesser mit der ausstrahlenden Scheibe. Um zu bewirken, daß die Strahlen nur senkrecht zur Säule gelangten, war noch ein zweiter Schirm in geringer Entfernung vor der Säule befestigt, der eine Oeffnung von gleicher Größe wie die Oberfläche der Säule hatte. Bei dieser Einrichtung würde ein konischer Reflektor, womit man gewöhnlich die Säulen zu versehen pflegt, die Wirkung nicht vermehrt haben. Es

war ein solcher aber auch nicht erforderlich, da das angewandte Galvanometer außerordentlich empfindlich war. Die Säule selbst befand sich in einem großen Kasten aus Pappe, der keine andere Oeffnung hatte als die des erwähnten Diaphragmas. Ihre vordere Fläche bildete ein Quadrat, dessen Seite 13^{mm}, also wenig größer als der Durchmesser der ausstrahlenden Scheibe war. Die hintere Fläche derselben blieb mit ihrer Kapsel aus Messing bedeckt, außerdem aber wurde sie, um sie gegen den Wechsel der Temperatur zu schützen, mit einer dicken Schicht loser Baumwolle umgeben. Damit die Temperatur des Zimmers so constant als möglich während der Versuche blieb, wurde dasselbe zur Winterzeit am Abend spät geheizt. Dann waren am folgenden Morgen die durch den warmen Ofen sonst entstehenden Luftströmungen nicht vorhanden.

Statt des früher ¹⁾ beschriebenen Galvanometers mit zwei fast astatischen Stahlspiegeln, habe ich eins von veränderter Construction mit zwei Magnetnadeln angewendet, unter denen in der Verlängerung des sie verbindenden Stäbchens, ein versilberter Glasspiegel angebracht war. Dieses System aus Nadeln und Spiegel hat ein sehr viel geringeres Trägheitsmoment als zwei Stahlspiegel, wenn sie auch noch so dünn gefertigt sind. Die Ausschläge, welche dieses Galvanometer lieferte, waren deshalb fast doppelt so groß als bei dem früher benutzten mit zwei Stahlspiegeln ²⁾.

1) Pogg. Ann. Bd. CXVIII.

2) Dies Galvanometer ist ganz aus Kupfer oder richtiger aus sogenanntem Rothguss gefertigt. Der Draht ist auf zwei Rollen von diesem Metall vertheilt. Die eine derselben ist auf eine starke Metallplatte aufgeschraubt und mit dieser auf dem drehbaren, mit drei Stellschrauben versehenen Fuß des Instruments befestigt. Die andere Rolle wird auf dieselbe Metallplatte so gestellt, daß ihre Axe mit der der festen in einer Linie liegt, und gegen diese mittelst zwei, mit geränderten Köpfen versehene Schrauben fest angezogen. Die Flächen beider Rollen sind ganz eben, so daß sie sich vollständig berühren. Auf den Rollen ist eine flache cylindrische Dose angebracht, die aus zwei Hälften besteht, deren jede auf einer der Rollen befestigt ist. Stehen die Rollen dicht an einander, so bilden die beiden Hälften eine dicht geschlossene Dose. Die

Zunächst wurden beide Platinscheiben glatt, unplatinirt angewendet, um zu erfahren, ob sie beide in diesem Zu-

auf der festen Rolle befindliche Hälfte trägt das Glasrohr in dem der Faden hängt, an welchem die Nadeln mit dem Spiegel befestigt werden. Die obere Nadel schwebt in der Dose, die untere mit dem Spiegel innerhalb der beiden Rollen. Deshalb ist der innere Raum derselben auf der einen Seite durch eine dünne Kupferplatte geschlossen, an dem andern ist ein Planglas eingesetzt zur Beobachtung des Spiegels. Der Raum für das Stäbchen, das die beiden Nadeln verbindet, ist aus dem Metall der dicken Wände der aneinander stehenden Rollen herausgenommen.

Nimmt man die eine Rolle mit der auf ihr befindlichen halben Dose fort, so kann man bequem zu den Nadeln gelangen und sie, erforderlichen Falles während sie an ihrer Stelle bleiben, mehr oder weniger astatisch machen. Es ist dies eine Annehmlichkeit, welche Alle, die mit Spiegelgalvanometern gearbeitet haben, werden zu schätzen wissen, zumal bei der vortrefflichen Ausführung des Instruments durch den Mechanikus Hr. Sauerwald hieselbst, die Rolle entfernt und wieder an ihre Stelle gebracht werden kann, ohne daß die Lage des Spiegels sich im geringsten ändert.

Ist man behindert das Fernrohr senkrecht gegen den magnetischen Meridian aufzustellen, so braucht man nur ein gut geschliffenes rechtwinkliges Prisma vor dem Galvanometer anzubringen; dann aber muß das Planglas beseitigt werden. Man thut gut zu dem Ende das Prisma mit einer Fassung aus Kupfer zu versehen und es durch eine Röhre aus dünnem Caoutchouc mit der Oeffnung, in der sich das Planglas befand, luftdicht zu verbinden.

Will man das Prisma vermeiden, so muß die Construction des Galvanometers so verändert werden, daß der Spiegel über den Nadeln sich befindet. Statt der Dose, die bei dieser Construction so hoch seyn mußte, daß die obere Nadel mit dem Spiegel darin Platz findet, wird ein starker Bügel auf der festen Rolle angebracht, der die Glasröhre mit dem Faden trägt. Ist dann, nachdem die Nadeln mit ihrem Spiegel eingehängt sind, die bewegliche Rolle gegen die feste geschraubt, so wird über den Spiegel und die obere Nadel eine Kappe aus dünnem Kupferblech gestülpt, die in ihrem Deckel eine runde Oeffnung hat, aus der, wenn sie aufgesetzt ist, die Glasröhre mit dem Faden hervorragt. In die Kappe ist ein Planglas vertical eingesetzt. Da sie drehbar ist, so kann die Beobachtung des Spiegels durch dieses Planglas von jeder Seite geschehen, nur muß der Spiegel so gestellt werden, daß er in seiner Ruhelage dem Planglase parallel ist. Die Kappe ruht auf einer aus zwei Hälften bestehenden Platte, die auf den beiden Rollen befestigt ist; auf diese Platte ist sie mit ihrem unteren Rande aufgeschliffen. Ebenso bildet sie da, wo die Glasröhre aus ihr hervor-

stande gleich viel Wärme gegen die Säule strahlen. War dieß der Fall, so war man sicher, daß die eine genau die Stelle der andern einnahm, ihre Befestigung also die richtige war, und zugleich daß die Flamme sich constant erhielt. Sodann wurde Platinschwamm in gleichmäßiger Schicht auf die eine Scheibe gebracht und die Ausstrahlung beider mit einander verglichen¹⁾. Durch den Schwamm stieg, wie bereits erwähnt, die Ausstrahlung auf das Doppelte. Darauf wurden nacheinander von verschiedenen Substanzen Platten eingeschaltet, indem sie vor dem erwähnten Diaphragma befestigt wurden, und darauf die Ausschläge des Galvanometers beobachtet, welche die durch diese Substanzen hindurchgegangenen Strahlen hervorbrachten, sowohl wenn die glatte als wenn die mit Schwamm bedeckte Scheibe, die ich der Kürze wegen in dem Folgenden die platinirte nennen werde, als Wärmequelle benutzt wurde.

Die Substanzen, von denen Platten eingeschaltet wurden, waren: Steinsalz, Kalkspath, Bergkrystall, Rauchtöps, Agat, Spiegelglas, Flintglas, dunkelgrünes Glas, sämmtlich 6—7^{mm} dick. Ferner rothes, oranges, gelbes, grünes, blaues, violettes Glas, sowie farbloses, glatt und rauh, alle von etwa 2^{mm} Dicke.

Eine Anzahl dieser Platten absorbirte proportionale Mengen von der Wärme beider Quellen, so daß wenn *I* die GröÙe des Ausschlages bedeutet, welchen das Galvanometer machte, wenn die Säule von der glatten Platin-

kommt, einen luftdichten Verschluss. Diese Construction gewährt den Vortheil, daß die Rollen flacher seyn können, wodurch die Drahtwindungen der unteren Nadel näher zu liegen kommen.

- 1) Das Aufbringen des Platinschwamms geschieht zweckmäßig auf die Weise, daß etwas Platinsalmiak mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und mit einem Pinsel in einer sehr dünnen Schicht gleichmäßig auf die Platte gebracht und vorsichtig in einer Flamme getrocknet und erhitzt wird; darauf wird eine zweite Schicht in ähnlicher Weise aufgetragen und sofort bis die nöthige Dicke erreicht ist. Trägt man den Platinsalmiak sogleich in einer dicken Schicht auf, so geht er beim Erhitzen in einzelne Massen zusammen und überdeckt die Platte nicht gleichmäßig.

scheibe direct bestrahlt wurde, und i den Ausschlag bei Einschaltung von einer der erwähnten Platten, und wenn ebenso I_1 und i_1 die entsprechenden Ausschläge für die platinirte Platte bezeichnen, so war

$$\frac{i}{I} = \frac{i_1}{I_1}$$

Vor Kurzem hat Hr. Tyndall die interessante Beobachtung mitgetheilt, dafs eine durch Auflösen von Iod ganz undurchsichtige Lösung des Schwefelkohlenstoffs die Wärme eben so vollständig wie das durchsichtige Lösungsmittel durchläfst. Es schien mir von Interesse, diese beiden Flüssigkeiten, den klaren, sowie den durch Iod undurchsichtigen Schwefelkohlenstoff gleichfalls einzuschalten. Hierbei wurden sie zwischen zwei sehr dünnen Steinsalzplatten, in einer Schicht von 10^{mm} Dicke angewendet. Auch diese beiden Flüssigkeiten absorbirten die Wärme beider Quellen in gleichem Verhältnifs, so dafs auch für diese $\frac{i}{I} = \frac{i_1}{I_1}$ war.

Bei einer andern Anzahl von den vorhin erwähnten Platten ergab sich $\frac{i}{I}$ stets gröfser als $\frac{i_1}{I_1}$. Der Unterschied war bei den verschiedenen Platten verschieden, bei allen aber nicht sehr bedeutend.

Als aber eine Platte von Alaun eingeschaltet wurde, war der Durchgang der von beiden Quellen kommenden Strahlen ganz auffallend verschieden, und zwar in solchem Maafse, dafs die absolut hindurchgegangene Menge der von der platinirten Platte kommenden Strahlen, kaum mehr als von der glatten betrug.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dafs die Versuche auf mehr als auf eine Alaun-Platte ausgedehnt wurden. Diefs schien um so mehr erforderlich, als die Menge der Wärme, welche überhaupt durch den Alaun hindurchgeht, nur wenige Procente beträgt. Bei sechs ganz verschiedenen Platten von 1^{mm},5 bis 9^{mm},5 Dicke wurde stets dasselbe Resultat erhalten. Bei allen ergab sich $\frac{i}{I}$

größer als $\frac{i_1}{I_1}$ und wiewohl sie je nach ihrer Dicke und Beschaffenheit sehr verschiedene Wärmemengen durchliefsen, waren doch für jede Platte die von beiden Quellen durchgegangenen Mengen nahe dieselben.

Von der auf die Platten aufgefallenen Wärme gingen hindurch:

No. der Platte	Dicke	Vom glatten Platin	Vom platinirten Platin
		$\frac{i}{I}$	$\frac{i_1}{I_1}$
1	1 mm,5	7,77 Proc.	4,34 Proc.
2		4,16 "	2,33 "
3	6 mm,5	4,07 "	2,32 "
4	8 mm,0	4,07 "	2,28 "
5	9 mm,5	3,00 "	1,73 "
6 1)	9 mm,25	3,14 "	1,9 "

Aehnlich wie die Alaunplatten verhielten sich auch Platten von Copal verschiedener Sorten und von verschiedener Dicke. Auch bei diesen war der Unterschied von $\frac{i}{I}$ und $\frac{i_1}{I_1}$ sehr bedeutend, jedoch waren die absoluten Wärmemengen die hindurchgingen, nicht so nah übereinstimmend, wie beim Alaun.

Da nicht proportionale Mengen der Wärme beider Quellen von den verschiedenen Platten, namentlich vom Alaun und Copal absorbirt werden, so müssen entweder von der platinirten Platte andere Wärmefarben als von der glatten ausgehen, oder es muß die Zunahme der Intensität, welche durch das Platiniren erfolgt, nicht für alle Farben in gleichem Maasse stattfinden; wobei nicht ausgeschlossen ist, daß auch beides der Fall seyn kann, sowohl daß neue Farben entstehen, als auch daß einzelne von der glatten Platte ausgesandte in größerer Intensität als die übrigen von der platinirten ausgehen.

Welches von diesen stattfindet, läßt sich durch Versuche über Absorption nicht entscheiden. Für den Fall,

1) Etwas weniger klar als No. 5.

dafs keine neue Wellenlängen auftreten, würde der Umstand, dafs der Alaun von beiden Wärmequellen nahe gleiche Mengen durchläfst, beweisen, dafs die Wärmefarben, welche durch ihn sich fortpflanzen können, entweder gar nicht oder nur in geringem Maafse an Intensität durch das Platiniren zunehmen, dafs also diese Zunahme hauptsächlich für die übrigen Farben stattfindet.

Prismatische Beobachtungen.

Es schien der Mühe werth zu untersuchen, ob durch eine prismatische Zerlegung näherer Aufschluß zu gewinnen sey. Eine solche Zerlegung geschieht am besten durch ein Steinsalzprisma und unter Anwendung von Steinsalzlinsen. Da aber das Steinsalz stets etwas Wärme absorbirt und es möglich wäre, dafs es gerade auf diejenigen Strahlen einen Einfluß übt, auf die es hier besonders ankommt, so wurden die Versuche sowohl ohne Linsen ausgeführt als auch, um eine bessere Trennung der einzelnen Farben zu erhalten, mit Anwendung von Steinsalzlinsen.

Zerlegung ohne Linsen.

Um die Strahlen parallel auf das Prisma fallen zu lassen, wurden mehrere Diaphragmen hinter einander angewendet.

Als ausstrahlende Flächen wurden statt der vorher erwähnten kreisrunden Scheiben ein Paar Streifen von Platina benutzt, 3^{mm} breit und 33^{mm} hoch, die wie jene Scheiben mittelst feiner Platindrähte vertical in der Vorrichtung befestigt waren, welche dazu diente, sie nach einander genau an dieselbe Stelle in die Flamme eines Bunsen'schen Brenners zu bringen. In einer Entfernung von 60^{mm} war dem glühenden Streifen gegenüber in der Wand eines grossen etwa 1 Meter langen und 0,5 Meter hohen und breiten Kastens das erste Diaphragma angebracht, von gleicher Höhe und etwas geringerer Breite als der Streifen. Hinter diesem ersten befand sich in einem Abstände von 100^{mm} ein zweites Diaphragma innerhalb des Kastens von ganz

gleichen Dimensionen und unmittelbar hinter diesem das Steinsalzprisma. Eine lineare Thermosäule, die mit einem Spalt versehen war, der nur 0,5^{mm} breit war, diente dazu, die verschiedenen Stellen des so erzeugten Spectrums zu untersuchen.

Um das erste, dem glühenden Streifen zunächst befindliche Diaphragma, oder richtiger die Ränder desselben, gegen Erwärmung zu schützen, befand sich ein doppelter Metallschirm zwischen demselben und dem Streifen. Dieser Schirm wurde während der Beobachtung zur Seite geschoben. Bei der geringen Entfernung, in welcher er sich von der Flamme befand, war zu befürchten, daß nicht nur seine vordere, sondern auch seine hintere Wand sich erwärmen möchte, deshalb wurde er von Zeit zu Zeit durch einen andern ersetzt.

Zunächst wurde das Prisma entfernt und die Lichtstrahlen, welche von dem glühenden Streifen durch die Diaphragmen gingen, auf einem weißen Schirm aufgefangen. Dadurch war es möglich sich zu überzeugen, daß der in der Flamme befindliche Streifen und die beiden Diaphragmen sich deckten; und indem beide Streifen nach einander angewendet wurden, erlangte man die Gewißheit, daß der zweite Streifen genau die Stelle des ersten einnahm. Darauf wurde das Prisma an seine Stelle gebracht und die Erwärmung in den verschiedenen Theilen des Spectrums mittelst der Thermosäule bestimmt, wobei diese mittelst einer Vorrichtung, welche durch die Wand des Kastens ging, von außerhalb verschoben wurde. Um sicher zu seyn, daß beide Streifen bei gleicher Oberfläche gleiche Wirkungen hervorbrachten, wurden zunächst beide glatt angewendet. Erst nachdem man sich überzeugt hatte, daß die Thermosäule, an den verschiedenen Stellen des Spectrums, stets dieselben Ausschläge lieferte, das Spectrum mochte durch den einen oder den andern Streifen erzeugt seyn, wurde der eine Streifen mit Platinschwamm überzogen und die Erwärmung, die er an den einzelnen Stellen des Spectrums hervorbrachte, bestimmt, indem beide Streifen nach

einander auf die an derselben Stelle befindliche Säule einwirkten.

Die erhaltenen Werthe sind zur besseren Uebersicht graphisch zusammengestellt. Fig. 1 Taf. VII zeigt eine solche Zusammenstellung. Sie ist in der Weise erhalten, daß die am Galvanometer in Millimetern beobachteten ersten Ausschläge auf die verticalen Linien von der Horizontalen *AB* aus, aufgetragen sind. Die Abstände dieser Verticalen von einander sind gleich der doppelten Gröfse, um welche die Säule von einer Beobachtung zur andern verschoben wurde. Die durch diese Abscissen und Ordinaten gebildete Curve stellt daher die Vertheilung der Wärme im Spectrum dar. Die größeren Ordinaten gehören dem platinirten Platin an. In den Zeichnungen sind die beobachteten Werthe nur durch gerade Linien mit einander verbunden.

Vor dem Beginn des Versuchs wurde die Säule an die Gränze des sichtbaren Roth gebracht. Die Bezeichnung der Ordinate, auf welche der in dieser Stellung gefundene Ausschlag des Galvanometers aufgetragen ist, mit dieser Farbe, beruht daher auf Beobachtung. Ebenso das Gelb. Die übrigen Farben des Spectrums waren nicht scharf zu beobachten.

Hierauf wurden um eine bessere Trennung der einzelnen Farben zu erhalten, Linsen aus Steinsalz benutzt.

Zerlegung mit Anwendung von Linsen.

Die Strahlen, welche von dem glühenden Streifen ausgingen, fielen auf einen feinen Spalt von 1^{mm} Breite, welcher in der Wand des vorher erwähnten Kastens angebracht war. Hinter diesem befand sich innerhalb des Kastens eine Steinsalz-Linse in der Entfernung ihrer Brennweite, so daß die Strahlen parallel auf das in geringer Entfernung dahinter befindliche Prisma fielen. Hinter diesem war eine zweite Linse angebracht, in deren Brennpunkt das Spectrum entstand. Dasselbe war schmal, sein sichtbarer farbiger Theil hatte eine Breite von nur 4—5^{mm}. Um die ein-

zelnen Stellen desselben untersuchen zu können, wurde die lineare Säule mit ihrem Spalt von 0^m,5 Breite benutzt. Im Uebrigen wurden dieselben Vorsichtsmaafsregeln wie bei den Versuchen ohne Linsen angewendet; indem beide Streifen erst unplatinirt verglichen wurden, und nachdem sie sich gleich gezeigt, der eine platinirt und sodann die Wirkung beider bestimmt wurde.

Die erhaltenen Resultate sind in ähnlicher Weise wie die früheren graphisch dargestellt. Die Fig. 2 bis 5 Taf. VII zeigen einige der erhaltenen Curven. Bei der Construction derselben sind als Ordinaten die am Galvanometer in Millimetern beobachteten Ausschläge, auf zwei Drittel ihrer Länge reducirt, aufgetragen. Die Abscissen sind vier Mal so groß als die Abstände der Stellen, an denen die Säule sich im Spectrum befand¹⁾.

Da außer den Platinstreifen auch die Flamme selbst Wärme ausstrahlte, so wurde die Wirkung, welche diese allein hervorbrachte, einige Male bestimmt, indem nacheinander das glatte, das platinirte Platin und dann die Flamme allein wirkte. In Fig. 2 Taf. VII stellen die kleinsten Ordinaten die Wirkung der Flamme allein dar. Zieht man diese von den Ordinaten ab, welche die Erwärmung durch das glatte Platin und die Flamme, sowie durch das platinirte und die Flamme darstellen, so wird der Unterschied für die beiden Platinoberflächen noch größer. Fig. 6 stellt die Curven dieser Differenzen dar, wie sie sich aus den in Fig. 2 dargestellten Werthen ergeben.

Folgerungen.

Alle diese Curven zeigen, daß das Maximum der Erwärmung in den dunkeln Theil des Spectrums fällt, also jenseits des Roth und zwar bei allen ziemlich an dieselbe Stelle. Dieses Maximum ist für die platinirte Platte etwa doppelt so groß als für die glatte. Ueberhaupt findet die

1) Bei Fig. 4 ist die Bezeichnung »Blau« durch Versehen hinzugefügt, und Gelb und Roth müssen mehr nach links stehen.

Zunahme der Ausstrahlung bei der platinirten Platte hauptsächlich in dem nicht leuchtenden Theil des Spectrums statt; soweit der farbige Theil desselben reicht, ist die Erwärmung durch die platinirte kaum größer als durch die glatte. Es haben daher die jenseits des Roth liegenden Wellenlängen hauptsächlich durch das Platiniren an Intensität zugenommen. Dieselben Wellenlängen, welche auch unter den von dem glatten Platin, wie überhaupt von glühenden Körpern ausgesandten; die größte Intensität haben.

Die Flächenräume der Fig. 6 Taf. VII, welche die Curven mit ihrer Abscissenaxe umschließen, geben die gesammte Wärmemenge, welche in dem Spectrum des glatten und des platinirten Platins enthalten war. Berechnet man diese Flächenräume, so findet man, daß diese Wärmemengen sich verhalten wie 10 : 18.

Berechnet man die Wärme in dem farbigen Theil beider Spectren, bis zu der in der Fig. 6 angegebenen Gränze des Roth, so findet man, daß sie für das glatte Platin 0,1 der ganzen Wärmemenge beträgt; für das platinirte dagegen 0,068.

Wahrscheinlich sind die Wärmespectra von beiden angewandten Streifen continuirlich. Indefs wäre es möglich, daß sie an einzelnen Stellen unterbrochen sind, und daß die fehlenden Stellen sich, wegen ihrer geringen Breite, der Beobachtung mittelst der Thermosäule entziehen. Geht man aber davon aus daß sie continuirlich sind, d. h. daß in dem ganzen Raume, in dem noch eine Temperaturerhöhung beobachtet ist, continuirlich alle Wellenlängen vorhanden sind, dann kommen in der von dem platinirten Platin ausgesandten Wärme keine andere Wellenlängen vor als in der von dem glatten; denn sonst müßten die Spectra beider Quellen verschiedene Ausdehnung haben, was nicht der Fall ist.

Da die absoluten Mengen von Wärme, welche der Alaun von beiden Quellen durchläßt, sehr nahe gleich sind, so scheint es wahrscheinlich, daß die nach der Seite des Blau hinliegenden Wellenlängen von ihm durchgelassen

werden, da diese annähernd in gleicher Menge von dem glatten wie von dem platinirten Platin ausgehen.

Bis jetzt hat es mir nicht gelingen wollen auf directem Wege nachzuweisen, daß es sich so verhält, daß gerade die dem farbigen Theil des Spectrums angehörenden oder diesem zunächst liegenden Strahlen vorzugsweise von dem Alaun durchgelassen werden. Als nämlich bei den Versuchen mit dem Steinsalzprisma eine Alaunplatte eingeschaltet wurde, waren die Ausschläge wegen der geringen Menge der Wärme, welche der Alaun durchläßt, so klein, daß daraus kein sicherer Schluß gezogen werden konnte.

Durch die Untersuchungen aber von Jamin und Masson¹⁾ über die Vertheilung der Sonnenwärme in dem Spectrum wird es wahrscheinlich, daß, wie von dieser, so auch von der Wärme des glühenden Platins die dem farbigen Theil des Spectrums angehörenden Strahlen vorzugsweise von dem Alaun durchgelassen werden. Diese Herren ließen nämlich die Strahlen des Sonnenspectrums durch gleich dicke Platten von Steinsalz, Glas und Alaun gehen, und fanden, daß die dem dunkeln Theil des Spectrums angehörenden Strahlen durch das Glas viel weniger, als durch das Steinsalz, und durch den Alaun noch weniger als durch das Glas hindurchgingen, daß dagegen alle drei Substanzen die in dem farbigen Theil des Spectrums liegenden Wärmestrahlen fast gleich gut hindurchließen.

Aus den oben erwähnten Versuchen geht jedenfalls so viel hervor, daß die größere Wärmemenge, welche das Platin bei derselben Temperatur dadurch abgibt, daß seine Oberfläche rauh ist, nicht auf einer gleichmäßigen Steigerung aller von ihm ausgehenden Wärmefarben beruht und daß es die im Roth und in der Nähe, namentlich jenseits desselben befindlichen Strahlen sind, welche vorzugsweise an Intensität zunehmen.

Nur die Amplituden ändern sich, nicht aber die Dauer der Oscillationen. Denn würden diese sich ändern, so

1) Jamin, *Cours de physique* II, p. 236.

würden neue Wellenlängen entstehen. So weit aber die erwähnten prismatischen Untersuchungen reichen, ist dieß nicht der Fall, da die Wärmespectra vom glatten wie vom platinirten Platin gleiche Ausdehnung haben.

Durch die rauhe Beschaffenheit der Oberfläche ändern sich daher nur die Amplituden, nicht aber die für dieselben erforderlichen Zeiten.

Die größere Ausstrahlung von der rauhen als von der glatten Fläche lehrt, daß die Ausstrahlung und folglich auch die Absorption nicht allein von der Natur der Substanz, oder der Beschaffenheit ihrer Molecüle abhängig ist, sondern daß sie wesentlich durch die Aggregation derselben bedingt wird.

Abnahme des Lichts mit zunehmender Wärmestrahlung.

Auffallend ist, daß das platinirte Platin, das fast doppelt soviel Wärme ausstrahlt als das glatte, nicht mehr leuchtet als dieses. Im Gegentheil erschien die Lichtintensität desselben stets geringer als die des glatten, und ebenso war auch das Spectrum von dem platinirten viel schwächer an Licht als das von dem glatten Platin. Zwar nimmt die Masse des Platinstreifens dadurch, daß er platinirt wird, zu, und ebenso wird sein Volumen größer, so daß man glauben könnte, er werde weniger erhitzt, allein dieß kann nicht der Fall seyn, denn wenn man den glatten Streifen in seiner ganzen Ausdehnung dicker macht, oder an einzelnen Stellen dickere Stücke von Platin darauf befestigt, so senden diese kein geringeres Licht aus als die dünneren Stellen. Auch ist die Wärmestrahlung des dicken Platins nicht von der des dünnen verschieden. Ist dasselbe, wie es bei den erwähnten Versuchen fast stets der Fall war, nur auf einer Seite platinirt, so erscheint nicht nur diese, sondern auch die entgegengesetzte glatte Seite dunkler, und wenn man auf einzelne Stellen eines glatten Streifens den Platinschwamm aufträgt, so sind diese Stellen auf der ent-

gegengesetzten Seite als dunklere Flecken während des Glühens bemerkbar, so daß es den Anschein hat, als wäre das Platin im glühenden Zustande durchscheinend. Glattes Platin an einzelnen Stellen auf dem glatten Streifen befestigt, ist indess auf der entgegengesetzten Seite nicht bemerkbar.

Wird ein auf beiden Seiten glatter Streifen von dünnem Platin auf einer Seite mit Platinschwamm überzogen, so strahlt die glatte Seite weniger Wärme aus als zuvor. Und wird ein auf einer Seite platinirter Streifen auch auf seiner andern Seite platinirt, so nimmt dadurch die Ausstrahlung der ersteren ab. Diefs ist nur dadurch zu erklären, daß der Streifen, wiewohl er von der glühenden Flamme ganz umgeben ist, an seiner äußeren Fläche in Folge der vermehrten Ausstrahlung eine etwas niedrigere Temperatur annimmt. Es findet also in sofern eine Umwandlung von Licht in Wärme statt, als durch die größere Ausstrahlung die Temperatur der strahlenden Fläche und damit auch die Lichtintensität derselben sinkt.

Befestigt man auf einem in der Flamme befindlichen dünnen Streifen, der auf beiden Seiten glatt ist, einen zweiten dünnen Streifen, der auf einer Seite mit Schwamm überzogen ist, und zwar so, daß die platinirte Seite nach Außen ist, so erscheint dieser doppelte Streifen dunkler, vorzugsweise die platinirte Seite des zweiten, aber auch die nach Außen befindliche glatte Seite des ersteren. Wendet man dann aber den zweiten Streifen um, so daß seine platinirte Seite nach innen gewandt ist, so erscheinen die beiden Seiten des Doppelstreifens wieder hell.

Vergleich der Spectra von leuchtenden und nicht leuchtenden Flammen.

Die große Leuchtkraft, welche eine nicht leuchtende Flamme dadurch erhält, daß etwas Natron oder ein anderes Salz in dieselbe gebracht wird, ließ vermuthen, daß in demselben Maasse wie die Intensität des Lichtes zunimmt,

auch die der Wärme sich steigere. Zwar ist bei einer früheren Gelegenheit von mir schon erwähnt worden¹⁾, daß die durch Natron leuchtende Flamme nicht mehr Wärme ausstrahlt, als wenn sie nicht leuchtend ist. Allein dieß könnte darin seinen Grund haben, daß die nicht leuchtenden Wärmestrahlen in dem Maafse an Intensität abnehmen, als die leuchtenden zunehmen. Ob dieß der Fall sey, ob die Wärme gleichmäfsig mit dem Licht zunimmt, darüber kann die Untersuchung der Wärmespectra derselben Flamme im leuchtenden und im nichtleuchtenden Zustande Aufschluß gewähren.

Die Flamme des Bunsen'schen Brenners strahlt indess überhaupt nicht viel Wärme aus und da von dieser Wärme nur ein geringer Antheil in den farbigen Theil des Spectrums fällt, so war die Erwärmung in diesem so schwach, daß sie nur noch im Roth beobachtet werden konnte. Dieß hindert indess nicht, einen Vergleich zwischen der Natronflamme und der nicht leuchtenden Flamme vorzunehmen, denn wenn die Ausstrahlung der Wärme proportional der des Lichts oder auch nur annähernd in demselben Maafse zunähme, so würde bei der Natronflamme in dem Gelb die Erwärmung sich so steigern, daß sie bemerkbar seyn müßte. Dieß ist indess, wie ich gefunden habe, nicht der Fall. Um außerdem zu erfahren, wie sich die übrigen, namentlich die dunkeln Strahlen beider Flammen verhalten, habe ich ihre Spectra miteinander verglichen und sie in ihrer ganzen Ausdehnung gleich gefunden. Wenn Unterschiede vorhanden seyn sollten, so liegen sie innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler. Es versteht sich von selbst, daß die nöthigen Vorsichtsmaafsregeln bei diesen Versuchen angewendet werden müssen, damit nicht Strahlen von dem festen oder flüssigen Natron oder von dem Platindraht, auf dem sich dieß befindet, zur Säule gelangen. Ebenso muß man dafür sorgen, daß dieselbe Gröfse der strahlenden Fläche, leuchtend und nichtleuchtend verglichen wird. Denn die Flamme ändert durch Einführen

1) Monatsbericht 1864, S. 594.

von Natron ihre Gröfse und Gestalt. Wenn man daher die ganzen Flammen vergleicht, indem man sie in den konischen Reflector einer Thermosäule strahlen läfst, so ist die ausstrahlende Fläche der leuchtenden Flamme gröfser als die der nichtleuchtenden, und ohne dafs mehr Wärme erzeugt wird, gelangen mehr Strahlen in den Konus.

Ebenso verhält es sich bei dem Vergleich der durch Kohle leuchtenden Flamme mit der nichtleuchtenden des Bunsen'schen Brenners. Dadurch, dafs bei der letzteren die atmosphärische Luft dem Gase schon beigemischt ist, wenn dasselbe aus der Oeffnung des Brenners hervorkommt, ist die Flamme kleiner als wenn die unteren Oeffnungen des Brenners geschlossen werden und die Luft nur von außen Zutritt, so dafs die im Innern ausgeschiedene Kohle erst am Rande verbrennt. Vergleicht man aber die Wärmespectra gleich grofser Stücke der leuchtenden und der nichtleuchtenden Flamme, so zeigen sich beide ganz gleich.

Der gröfste Theil der Wärmestrahlen, welche von den Flammen ausgehen, liegt jenseits des Roth; dafs in diesem dunkeln Theile des Spectrums die Intensitäten für beide Flammen gleich sind, ist nicht überraschend; aber man erstaunt über die unveränderte Erwärmung bei dem grofsen Unterschied der Helligkeit.

Diefs Resultat mag im ersten Augenblicke auffallend erscheinen, da bekanntlich die festen Theile des Natrons und der Kohle, die der Flamme das Licht verleihen, mehr Wärme ausstrahlen als die gasförmigen. Allein wenn man die geringe Menge dieser Theilchen berücksichtigt, von denen die geringste Spur schon ausreicht, um der Flamme den höchsten Glanz zu verleihen, wenn man ferner bedenkt, dafs die Wärme dieser, stets sich erneuenden Theilchen von der Flamme selbst hergegeben werden mufs, so befremdet es nicht mehr dafs ein Unterschied in der Wärmestrahlung beider nicht zu beobachten ist. Um so merkwürdiger aber bleibt die außerordentliche Steigerung des Lichts, welche durch diese geringe Menge fester Theilchen entsteht.

Schlußbemerkung.

Bekanntlich hat Melloni im Beginn seiner Untersuchungen aus der von ihm zuerst gemachten Beobachtung, daß Licht und Wärme in ganz verschiedenen Verhältnissen von ein und derselben Substanz durchgelassen werden, geschlossen, daß beide nicht identisch seyen. Später hat er diese Ansicht aufgegeben. Indefs glaube ich nicht, daß Melloni Wärme und Licht für identisch gehalten hat, denn er spricht nur von dem *Lien le plus puissant qui reunisse ensemble ces deux grands agents de la nature*¹⁾.

Will man die Frage von der Identität von Wärme und Licht aufwerfen, so muß, wie mir scheint, zunächst der Unterschied zwischen Wärme und Licht bestimmt ausgesprochen werden.

Bekanntlich ist man genöthigt, für die Fortpflanzung der Wärme durch den leeren Raum, wie für die des Lichtes, einen Aether anzunehmen, der diesen Raum erfüllt und durch dessen Bewegung jene Fortpflanzung stattfindet, und die einfachste Annahme ist, daß derselbe Aether die Verbreitung von Licht und von Wärme vermittelt. Sind die Wärmebewegungen bis zu einem entfernten Körper fortgeschritten, so setzen sie den in diesem enthaltenen Aether in entsprechende Bewegung, vorausgesetzt daß er geeignet ist sie anzunehmen. Von welcher Art diese Bewegungen sind, und wodurch sie sich von denen des Lichts unterscheiden, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Allein die Wärmebewegungen haben den Erfolg, daß sie die Lage der Theile des Körpers, dem sie mitgetheilt werden, verändern. Denn jeder Körper wird durch die Wärmestrahlen, welche auf ihn fallen, ausgedehnt, und daher verändert sich die Lage seiner Theile gegen einander. Nur wenn die Strahlen auf einen vollkommen diathermanen Körper fielen, würden sie keine Erwärmung, also auch keine Veränderung in der Lage seiner Theile erzeugen. Aber einen vollkommen diathermanen Körper giebt es nicht, da selbst die

1) *Thermochrose* 333.

atmosphärische Luft die Wärmestrahlen nicht vollständig durchläßt. Vergleicht man hiermit die Bewegungen des Lichts, so wirken diese ganz anders. Es giebt zwar auch keinen vollkommen durchsichtigen Körper und es wäre daher möglich, daß auch das Licht auf die Theile des Körpers selbst einwirkt; allein solche Wirkung ist bis jetzt nur in sofern beobachtet, als durch das Licht chemische Verbindungen veranlaßt werden und dasselbe Fluorescenz und Phosphorescenz zu erzeugen vermag. Die Bewegungen der körperlichen Theile bei diesen Erscheinungen, wiewohl gewiß vorhanden, haben sich doch bis jetzt jeder directen Beobachtung entzogen. Man kann daher den charakteristischen Unterschied der Licht- und der Wärmebewegungen so bezeichnen, daß durch die letzteren die Lage der Theile des von ihnen getroffenen Körpers auf wahrnehmbare Weise verändert wird, durch die ersteren aber nicht.

Je länger die Wärmestrahlen auf einen Körper einwirken, um so mehr dehnt sich derselbe aus. Die Aenderung in der Lage seiner Theile ist daher eine Funktion der Zeit. Allein für eine bestimmte Gröfse der Bewegung, welche dem Körper mitgetheilt wird, d. i. für eine bestimmte Intensität des ausstrahlenden Körpers, kann die Lage der Theile des bestrahlten sich nur bis zu einer gewissen Gränze ändern. Denn der bestrahlte Körper kann niemals wärmer werden als der Körper, von dem er seine Wärme erhält. Er nimmt sogar gewöhnlich nur eine niedrigere Temperatur an als dieser, weil er von der empfangenen Wärme stets wieder in den umgebenden Raum ausstrahlt. Nur in dem Falle, wo diese Abgabe ausschliesslich gegen den ausstrahlenden Körper stattfindet, wenn dieser z. B. jenen ganz umgiebt, gleichsam eine Hülle um ihn bildend, nimmt der umhüllte Körper dieselbe Temperatur wie der ausstrahlende an, weil er dann nicht mehr Wärme abgiebt als er empfängt.

Es wird also von der Bewegung, welche einem erwärmten Körper mitgetheilt wird, stets wieder an den umgebenden Raum, oder richtiger an den umgebenden Aether

abgegeben, und nur wenn die Umstände der Art sind, daß ein Körper eben soviel Bewegung abgibt als er erhält, ist seine Temperatur constant.

Von einer ähnlichen Mittheilung der Bewegung beim Lichte wissen wir nicht. Der beleuchtete Körper mag das Licht reflectiren, oder er mag es absorbiren, er wird dadurch nicht selbstleuchtend, mit Ausnahme der durch Insolation phosphorescirenden Körper und der fluorescirenden.

Die Bewegung der Theile des Körpers, welche durch die auf ihn fallenden Wärmestrahlen erzeugt wird, erzeugt daher stets selbst wieder Bewegung von materiellen Theilen, denn der erwärmte Körper, indem er seine Wärme wieder gegen andere Körper ausstrahlt und sie erwärmt, bewegt ihre Theile. Gerade wegen dieser Mittheilung der Bewegung an die körperlichen Theile kann die Wärme sich in Arbeit umsetzen und kann umgekehrt durch Arbeit Wärme erzeugt werden.

Merkwürdig ist bei dieser Mittheilung der Bewegung, daß wie verschiedenartig die Wärmefarben auch seyn mögen, die zu einem Körper gelangen, er, durch diese erwärmt, doch stets die ihm eigenthümlichen Wärmefarben ausstrahlt. Bei dem Licht findet etwas Aehnliches in Bezug auf die Fluorescenz statt, denn ein Körper fluorescirt mit der seiner Substanz eigenthümlichen, daher mit einer andern Farbe als die, welche auf ihn fällt.

Wenn daher von einer Identität von Wärme und Licht die Rede seyn soll, so muß man sich zunächst vergegenwärtigen, daß die Wärme auf Bewegungen der materiellen Theile oder des zwischen ihnen befindlichen Aethers beruht, die eine Entfernung der materiellen Theile des Körpers zur Folge haben; daß dagegen die Bewegungen des Lichts eine solche Aenderung nicht hervorzubringen vermögen. Wenn sie auf die materiellen Theile des Körpers einwirken, so ist diese Einwirkung jedenfalls wesentlich verschieden von der der Wärme, da durch das Licht die Entfernung der körperlichen Theile nicht in der Art geändert wird, daß eine Ausdehnung erfolgt.

Mit zunehmender Temperatur vermehrt sich die Zahl der Wärmefarben, welche ein Körper ausstrahlt, und bei einer gewissen Temperatur beginnt er Licht auszustrahlen, zunächst rothes, das die größte Wellenlänge hat, und mit steigender Temperatur treten dann neue Wellen hinzu, bis er weißglühend erscheint. Dieß Auftreten neuer Wellenlängen scheint darauf zu beruhen, daß bei der zunehmenden Ausdehnung des Körpers, oder was dasselbe ist, bei der zunehmenden Entfernung seiner körperlichen Theile, die zwischen diesen befindlichen Theile des Aethers, vielleicht auch die Körpertheile selbst, immer neue und schnellere Bewegungen zu machen vermögen.

Trotz der Verschiedenheit von Wärme und Licht kann die Frage aufgeworfen werden, ob beide Wirkungen von einer und derselben Kraft hervorgebracht werden, etwa so wie Elektrizität und Magnetismus von einer gemeinsamen Kraft herkommen, oder, um es auf eine andere Weise auszudrücken, ob dieselben Bewegungen sowohl als Licht wie als Wärme sich kundgeben.

Von dem Licht weiß man, daß es auf transversalen Oscillationen beruht und die Polarisation der Wärme zwingt zu der Annahme, daß auch bei dieser transversale Oscillationen stattfinden. Es ist dabei wohl möglich, daß unser Auge in Folge seiner eigenthümlichen Natur, Veränderungen dieser transversalen Oscillationen schon als außerordentlich groß auffaßt, die noch nicht vermögen merkliche Wärmeveränderungen hervorzubringen, so daß die Intensität des Lichts für dieselbe Wellenlänge sehr groß werden kann, ohne daß eine Aenderung der Wärme bemerkbar ist. Ob aber in der That dieselbe Bewegung als Licht und als Wärme von uns aufgefaßt wird, bedarf noch fernerer Untersuchungen.

X. Die Polarisationsbatterie, ein neuer Apparat zur Entwicklung continuirlicher elektrischer Ströme von hoher Spannung und constanter Stromstärke mittelst eines einfachen Galvanischen Elementes¹⁾;
von Prof. Julius Thomsen in Kopenhagen.

Die Polarisationsbatterie hat den Zweck, die gewöhnlichen galvanischen Batterien zu ersetzen und zwar bei den Anwendungen, wo eine hohe elektromotorische Kraft nothwendig ist. Die Elektrizitätsmenge wird aus einem einzelnen galvanischen Element entwickelt, dessen Strom, welcher eine große Stärke aber geringe Spannung besitzt, in einen andern von geringerer Stärke aber hoher Spannung umgeändert wird. Die Art und Weise, wie dieses geschieht, stellt sich aus der folgenden Beschreibung dar²⁾.

Die Zeichnung (Fig. 8 Taf. V) stellt den Grundriss der Polarisationsbatterie dar. *A* und *B* sind zwei Kästen von einem isolirenden Stoff; diese Kästen sind durch verticale, platinirte Platinplatten *pp*, deren drei Kanten in die Wände und in den Boden der Kästen eindringen, in eine Anzahl Zellen getheilt. Der Raum zwischen den Platinplatten wird mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt bis zu einigen Millimetern von der oberen Kante der Platinplatten. In der

1) Möge der geehrte Hr. Verf. mir hier die Bemerkung erlauben, daß sein Apparat wohl nur hinsichtlich der Constructionsart auf Neuheit Anspruch machen kann; in anderer Form habe ich denselben, nebst dem ihm zum Grunde liegenden Princip, schon vor länger als 20 Jahren beschrieben (Dies. Ann. 1843, Bd. LX, S. 568 und 1844, Bd. LXI, S. 586). Auch ist diese Beschreibung bereits vor geraumer Zeit in mehrere Lehrbücher übergegangen (z. B. Müller-Pouillet's Physik, 5. Aufl. Bd. II, S. 2171 u. Wiedemann's Lehre vom Galvanismus, Bd. I, S. 443) an welchem letzten Ort (S. 445) auch die von J. Müller (Fortschritte d. Phys. 1849, S. 356) erdachte Modification des Apparats abgebildet ist.

2) Die vollständige Beschreibung der Polarisationsbatterie ist in *Tidskrift for Physik og Chemi* 1864 p. 193 gegeben.

Zeichnung sind 50 Zellen, 25 in jedem Kasten, und demnach im Ganzen 52 Platinplatten.

Zwischen den beiden Kästen steht ein verticaler Ring von isolirendem Stoff; er enthält 50 Metalldrähte, *ee*, in radialer Stellung. Der Draht *d* ist mit zwei Platinplatten, die eine in *A*, die andere in *B*, verbunden; der entgegengesetzte Draht besteht aus zwei gegenseitig isolirten Theilen *a* und *b*, von welchen *a* mit der ersten Platte in *A*, *b* mit der letzten Platte in *B* verbunden ist. Die übrigen 48 Drähte sind jeder mit einer Platinplatte verbunden.

Der Draht *a* communicirt mit der Klemmschraube *a'*, der Draht *b* mit der Klemmschraube *b'*, welche demnach die Pole der Batterie bilden.

Die Polarisation der Platinplatten geschieht folgendermaßen. Auf einer verticalen Axe sind die beiden Zweige von Metall *m* und *n* gegenseitig isolirt befestigt. Der Zweig *m* communicirt mit der Klemmschraube *f*, der Zweig *n* mit der Klemmschraube *g*, und diese beiden Klemmschrauben repräsentiren die Pole des galvanischen Elements, durch dessen Strom die Platinplatten polarisirt werden. Die Zweige stehen so weit auseinander, daß stets nur zwei der Metalldrähte *e* des Ringes mit ihnen in Berührung kommen.

Der polarisirende Strom, welcher aus einem Grove'schen Element entwickelt wird, geht alsdann z. B. von *g* durch *n* zur Platinplatte, dessen Draht durch *n* berührt wird, dann durch die Zelle zur nächsten Platinplatte, von dieser durch den Metalldraht nach *m* und *f*. Das Wasser der Zelle wird alsdann zersetzt, Sauerstoff und Wasserstoff lagern sich an die Platinplatten.

Durch eine Rotation der Axe werden *m* und *n* successiv mit allen Drähten *ee* in Berührung gebracht, und dadurch alle Platinplatten polarisirt, indem sich Wasserstoff auf der einen, Sauerstoff auf der andern Seite jeder Platinplatte ablagert.

Der Strom der Batterie beginnt alsdann und bewegt

sich von b' durch B nach d , A und a' , wie es die Pfeile in der Zeichnung andeuten, und ohne Schwankungen mit Rücksicht auf Intensität, solange die Axe mit dem „Dispensator“ mn regelmässig rotirt.

Die Rotation der Axe wird durch eine kleine elektromagnetische Maschine erreicht, und die Bewegung so geregelt, dass die Zahl der Rotationen 20 bis 25 in der Minute erreicht.

Die elektromotorische Kraft der Batterie ist proportional der Anzahl Zellen, und die elektromotorische Kraft jeder einzelnen Zelle ist gleich 1,46 Mal der elektromotorischen Kraft eines Daniell'schen Elements. Ein Apparat, wie derjenige, welchen die Zeichnung darstellt, enthält 50 Zellen, und er hat demnach eine elektromotorische Kraft von 73 Daniell'schen Elementen.

Die Grösse des Apparats ist von der zu erzielenden Wirkung abhängig. Für Linienbatterien der Telegraphenstationen ist ein Querschnitt der Batterie (Grösse des wirklichen Theils jeder Platinplatte) von 20—25 Quadratcentimeter hinlänglich.

Solche Apparate sind in der Haupt-Telegraphenstation in Kopenhagen in Anwendung gebracht und in den meisten Ländern Europas patentirt worden.

XI. Ueber das Vorkommen von Kobalt und Nickel in den Fahlerzen; **von Dr. Hilger,**

Assistent am chemischen Laboratorium zu Würzburg.

Die Fahlerze, die schon so häufig Gegenstand analytischer Untersuchung waren, wie die Analysen vieler Chemiker und Mineralogen beweisen, sind bekanntlich als Gemenge von Sulfobasen mit Sulfosäuren zu betrachten und zwar sind bis jetzt beobachtet als Sulfobasen: Schwefelqueck-

silber, Schwefelzink, Halbschwefelkupfer, Schwefelsilber, Schwefeleisen und Schwefelblei; als Sulfosäuren: Schwefelantimon und Schwefelarsen. Die ausgezeichneten Analysen von H. Rose waren es besonders, die näheren Aufschluss über die Constitution dieser Mineralien gaben, und es hat sich das Verhältniß der Menge der Sulfobasen zu der der Sulfosäuren von 4 : 1 ergeben; ferner ist angenommen, daß sich die Schwefelmenge der Sulfosäuren zu der der Sulfobasen verhalte wie 3 : 4, obgleich durch die Analysen sich nie dieses Verhältniß vollständig ergab, sondern immer zwischen 3 : 3 bis 3 : 8 schwankte.

Im verflossenen Sommer war ich ebenfalls mit der Untersuchung zweier Fahlerze beschäftigt, die mir von Hrn. Prof. Sandberger übergeben wurden. Derselbe machte mich auf das darin von ihm beobachtete Vorkommen von Kobalt und Wismuth aufmerksam, was sich durch meine Analysen vollständig bestätigte.

Diese äußerst interessanten Thatsachen veranlaßten mich, die betreffenden Erze quantitativ zu bestimmen, namentlich um zu sehen, ob Schwefelwismuth als Sulfosäure auftrete. Was das Vorkommen von Kobalt betrifft, so ist dasselbe nur im Aftonit (einem Gemenge von Schwefelmetallen) in geringer Menge neben Nickel aufgefunden worden, wie aus den Analysen von Svanberg und Peltzer¹⁾ hervorgeht. Der Aftonit ist jedoch keineswegs als Fahlerz zu betrachten, da das Verhältniß der Schwefelmenge der Sulfosäure zur Sulfobase sich wie 3 : 6,9 erwiesen hat und, in Folge dieses hohen Schwefelgehaltes, das Kupfer als einfach Schwefelkupfer in Rechnung gebracht ist. Spuren von Nickel sind ferner beobachtet worden von Sandmann²⁾ in Fahlerzen von Müsen und Mornshausen und von Peltzer³⁾ in einem Tyroler Fahlerze. Wismuth hat nur einmal Gerhardt vom Rath in einem Quecksilberfahlerze in einer

1) Annalen von Liebig Bd. 126, S. 340.

2) Ebend. Bd. 89, S. 364.

3) Ebend. Bd. 126, S. 340.

4) Pogg. Ann. Bd. 96, S. 322.

Menge von 0,96 Proc. gefunden und es in der Formel als Sulfosäure aufgenommen.

Die Resultate der Analysen ergaben folgende procentische Zusammensetzung:

1) Fahlerz von Kaulsdorf in Bayern (Thüringer Wald)
Spec. Gewicht 4,8.

	Berechnete Schwefelmenge
S = 28,34	
As = 10,19	6,50
Bi = 1,83	0,42
Sb = 15,05	6,00
Cu = 32,04	8,08
Pb = 0,43	0,07
Ag = 0,22	0,03
Fe = 4,85	2,77
Zn = 3,84	1,89
Co = 2,95	1,58
99,74.	27,34.

Daraus ergibt sich das Verhältniß der Schwefelmenge der Sulfosäure zur Sulfobase wie 12,92 : 14,42 oder 3 : 3,4.

Um das Verhältniß der Menge der Sulfobasen zu den Sulfosäuren zu erfahren, wurden die Sulfosäuren zunächst auf Dreifach-Schwefelantimon, die Sulfobasen auf Halbschwefel-Kupfer reducirt, woraus Folgendes resultirte:

Menge des Schwefelmetalles	auf Sb reducirt
As 16,69	23,35 Sb
Bi 2,25	1,48 Sb
Sb 21,05	21,05 Sb
	45,88 Sb
	auf Cu reducirt
Cu 40,12	40,12 Cu
Pb 0,50	0,33 Cu
Ag 0,25	0,16 Cu
Fe 7,62	13,76 Cu
Zn 5,73	9,38 Cu
Co 4,53	7,82 Cu
	71,57 Cu

mithia 45,88

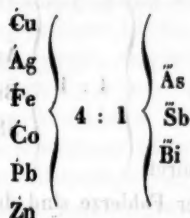
71,57

2104 (Atomgew. von Sb)

993,2 (Atomgew. v. Cu)

= 1:3,3.

Die Formel des Fahlerzes wäre demnach:



2) Fahlerz aus dem württembergischen Schwarzwalde.
Spec. Gew. 4,9.

S = 26,40

Berechnete Schwefelmenge

Fe = 6,40

3,66

Bi = 4,55

1,05

Cu = 33,83

8,53

Ag = 1,37

0,20

As = 6,98

4,46

Sb = 14,72

5,86

Co = 4,21

2,25

Ni Spuren

26,02.

98,46.

Verhältniß der Schwefelmenge der Sulfosäure zur Sulfo-
base demnach: 11,38:14,64 oder 3:3,86.

Menge der Schwefelmetalle:

auf Sb reducirt.

Bi 5,60

3,68 Sb

As 11,44

15,63 Sb

Sb 20,59

20,59 Sb

39,90.

auf Cu reducirt.

Fe 10,06

18,17 Cu

Cu 42,36

42,36 Cu

Ag 1,57

1,01 Cu

Co 6,46

11,16 Cu

72,70.

$$\text{Daraus: } \frac{39,90}{2140} : \frac{72,70}{993,2} = 1 : 3,86$$

mithin das Verhältniß der Sulfobasen zu den Sulfosäuren 3,86 : 1 und die Formel:



Bei dem Kaulsdorfer Fahlerze sind die erhaltenen Zahlen das Mittel aus zwei Analysen; dagegen ist bei dem Würtemberger nur der Schwefel und Kobalt zweimal bestimmt.

Methode der Analyse.

Bevor ich die quantitative Analyse der beiden Erze begann, prüfte ich die bekannten Methoden, die zur Zerlegung angewendet wurden, und fand die Anwendung von Königswasser zum Aufschließen am praktischsten. Die Zerlegung mittelst Chlorgas hat in diesem Falle den Nachtheil, daß ein Theil des Kobaltes sich mit Arsen- und Antimonchlorid verflüchtigt, während der andere Theil im fixen Rückstand bleibt. Bei den geringen Mengen von Kobalt, wie sie gerade in dem Kaulsdorfer Fahlerze vorkommen, wird demnach die quantitative Bestimmung schwierig. Die Digestion der Erze mit mehrfach Schwefelkalium nach Bunsen brachte ebenfalls keine vollständige Zerlegung hervor, indem ich auch nach sehr lange fortgesetztem Digeriren immer noch geringe Mengen von Sb in dem in Schwefelkalium unlöslichen Theile nachweisen konnte. Endlich sehr ungenügende Resultate gaben mir in dem betreffenden Falle die Methode von Rivot, Beudant und Daguin (Oxydation durch Chlor in alkalischer Lösung).

Der Gang, der von mir befolgt wurde, war kurz folgender:

Das Auflösen des Erzes in Salpetersalzsäure (5 Theile Salzsäure auf 1 Theil Salpetersäure) wurde in einer kleinen Retorte mit gut passender Vorlage ausgeführt, in welche letztere eine verdünnte Lösung von Weinsäure geschüttet war, um allenfalls übergehendes Arsen- und Antimonchlorid aufzufangen. Nach erfolgter Lösung, die in schwacher Siedhitze vorgenommen wurde, wurde die Flüssigkeit zur Entfernung der überschüssigen Säure stark concentrirt; hierauf unter Zusatz von Weinsäure wieder verdünnt und ein langsamer Strom schwefliger Säure eingeleitet. Es gelang mir dadurch die vollständige Ausscheidung des Arsens als Schwefelarsen beim nachherigen Einleiten von Schwefelwasserstoffgas. Die Trennung der Schwefelmetalle geschah mittelst mehrfach Schwefelkalium; Arsen und Antimon wurden nach Bunsen mit saurem schwefligsaurem Kali, Blei Wismuth und Kupfer in salpetersaurer Lösung nach bekannten Methoden geschieden, nämlich Blei als schwefelsaures Bleioxyd, Wismuth als basisches Wismuthoxychlorid ($2\text{BiO}_2, \text{BiCl}_3$) und Kupfer als Kupferoxyd.

In dem vom Schwefelwasserstoffniederschlag erhaltenen Filtrate wurde zunächst die Oxydation des Eisens mittelst chloresäuren Kalis und Salzsäure vorgenommen, dann das Eisen mit essigsaurem Natron abgeschieden und das Kobalt nach Rose durch kohlensauren Baryt gefällt. Das erhaltene Kobaltoxyd wurde mit verdünnter Schwefelsäure längere Zeit gekocht, worin es sich vollständig löste und nach mehrmaligem Abdampfen und Wiederauflösen als schwefelsaures Kobaltoxydul gewogen. Diese quantitative Bestimmung des Kobaltes scheint mir überhaupt mehr Beachtung zu verdienen, einerseits wegen der leichten Ausführbarkeit, anderseits wegen der sehr guten Resultate, welche dieselbe lieferte. Bei beiden Analysen, in welchen immer das Kobalt zweimal bestimmt wurde, erhielt ich äußerst kleine Differenzen, nämlich beim Kaulsdorfer Fahlerze 0,01, beim Württembergischen nur 0,002 Differenz.

Es blieb nun noch übrig, das Zink in dem vom Kobalt-niederschlag erhaltenen Filtrate zu bestimmen, das auch

mittelst kohlensauren Natrons entfernt wurde. Beim württembergischen Fahlerze waren dem Zinkniederschlage geringe Mengen von Ni beigemengt, die jedoch nicht quantitativ zu bestimmen waren.

Das Silber, das beim Behandeln mit Salpetersalzsäure in Chlorsilber übergeführt wurde, wurde aus dem unlöslichen Rückstande mittelst Ammoniak extrahirt und wie gewöhnlich bestimmt.

Durch die Behandlung mit Salpetersäure war fast sämtlicher Schwefel als Schwefelsäure gelöst worden, die mittelst salpetersauren Baryts gefällt wurde und zwar vor dem Einleiten der schwefligen Säure in die Lösung.

Die geringen Mengen von Schwefel, die im Rückstand waren, wurden ebenfalls mit chlorsaurem Kali und Salzsäure in Schwefelsäure übergeführt und in derselben Weise behandelt. Zur Controle des Schwefelgehaltes jedoch schmolz ich gewogene Mengen des Erzes mit kohlensaurem Natron und Salpeter zusammen und bestimmte in der geschmolzenen Masse die gebildete Schwefelsäure. Die Differenzen waren in dem einen Falle 0,121, im anderen 0,042.

Zum Schlusse will ich bezüglich des Antimons noch erwähnen, daß dasselbe als antimonsaures Antimonoxyd gewogen wurde, indem zunächst das Schwefelantimon zur Entfernung des allenfalls beigemengten Schwefels mittelst Schwefelkohlenstoff mit rauchender Salpetersäure oxydirt wurde. Ueber die Wichtigkeit dieser Fahlerze für die Paragenese vieler anderer Mineralspecies wird Hr. Prof. Sandberger noch nähere Mittheilung machen.

XII. *Untersuchungen über die Identität von Lichtäther und elektrischem Fluidum; von H. Wild.*

(Aus d. Berner Mith. von 1864 vom Hrn. Verf. übersandt.)

Es haben in neuester Zeit verschiedene Physiker direct oder indirect die Hypothese gemacht, Lichtäther und elektrisches Fluidum nach der unitarischen Ansicht vom Wesen der Electricität seyen ein und dasselbe. Eine unmittelbare Folge dieser Annahme wäre die, daß die Dichtigkeit des Aethers in einem positiv elektrischen Körper grösser oder kleiner seyn müßte, als im negativ elektrischen; also auch das Brechungsverhältniß eines positiv elektrischen Körpers ein anderes seyn sollte, als wenn derselbe im negativ elektrischen Zustande sich befindet. Schon im November 1860 habe ich einige Versuche angestellt, um diese Consequenz aus obiger Annahme experimentell zu prüfen. Da sie sämmtlich negativ ausfielen, auch zum Theil mit etwas mangelhaften Hilfsmitteln angestellt waren, so habe ich ihre Publication unterlassen. Unterredungen mit befreundeten Physikern haben mir indessen seither gezeigt, daß auch Andere mit ebenso wenig Erfolg diese Frage experimentellen Prüfungen unterworfen haben. Es schien mir daher einiges Interesse zu haben, meine in diesem Herbst etwas vervollständigten Untersuchungen über diesen Punkt, obschon sie meine frühern negativen Resultate nur bestätigt haben, der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Da die freie Electricität sich im Gleichgewichtszustand bloß auf der Oberfläche der Körper verbreitet, so können nicht alle Erscheinungen, welche vom Brechungsverhältniß abhängen, zur Entscheidung dieser Frage benutzt werden. Ich beschränkte mich daher auf folgende Versuche:

1. An ein Glasprisma wurde ein Tropfen Schwefelsäure angehängt, sodann das Fadenkreuz eines Fernrohrs, wie bei der Wollaston'schen Methode der Bestimmung

des Brechungsverhältnisses, auf die Gränze der totalen Reflexion eingestellt und nun zugesehen, ob diese Gränze sich verschob, als man dem Tropfen durch einen Platindraht positive oder negative Elektrizität zuführte. Es konnte nichts Derartiges wahrgenommen werden.

2. In eine am Rande mit Schellackfirnis überzogene Glasschale brachte man mäßig verdünnte Schwefelsäure von etwas dunkler Färbung. Ueber derselben in ungefähr 15^{mm} Abstand vom Schalenrand und 30^{mm} Abstand von der Flüssigkeitsoberfläche stand auf isolirenden Glasfüßen ein Kupferblech, das in seiner Mitte einen rechteckigen Ausschnitt von ungefähr 10^{mm} Breite und 60^{mm} Länge hatte. Zwei Theodolithen wurden darauf zu beiden Seiten der Schale so aufgestellt, daß ein parallel der optischen Axe des einen Fernrohrs sich bewegendes Lichtbündel durch die Oeffnung im Kupferblech unterm Polarisationswinkel auf die Flüssigkeit einfiel und nach der Reflexion das Fernrohr des andern Theodolithen ebenfalls parallel der optischen Axe durchsetzte. Vor das Ocular des erstern brachte ich im verdunkelten Zimmer die Flamme einer Argand'schen Lampe, während vor dem Ocular des zweiten ein Nicol'sches Prisma befestigt wurde, das bei passender Stellung das von der Flüssigkeit reflectirte Licht vollständig auslöschte. Während nun eine Drehung dieses Fernrohrs um 1 Minute ausreichte, das reflectirte Licht wieder bemerkbar zu machen, blieb dagegen das Gesichtsfeld ganz dunkel, als man der Flüssigkeit in der Schale positive Elektrizität zuführte, während die Platte darüber zum Erdboden abgeleitet war. Das Brechungsverhältniß der Schwefelsäure hat sich also in Folge der Elektrisirung der letztern nicht um eine Einheit in der dritten Decimale geändert.

3. Ein aus Spiegelplatten zusammengesetzter parallelepipedischer Trog wurde der Länge nach durch eine mit Schellack eingekittete Glaswand in zwei Abtheilungen getheilt und beide Abtheilungen bis auf 30^{mm} am Rande mit mäßig verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Vor dem einen Ende des Troges war eine Argand'sche Lampe hinter

einem Schirme mit schmaler verticaler Spalte aufgestellt, und die durch die letztere dringenden Lichtstrahlen wurden dann durch eine um ihre Brennweite davon abstehende achromatische Linse parallel gemacht und längs der Scheidewand im Troge durch diesen hindurchgeschickt. Die gegenüberliegende Trogwand war mit einem dicken Stanniolblatt überklebt, das nur beiderseits der Scheidewand zwei etwa 1^{mm} breite verticale Ausschnitte hatte. Diese im Verein mit der vordern Spalte erzeugten die bekannte Diffractions-Erscheinung, welche vermittelt eines etwa 60 Mal vergrößernden astronomischen Fernrohrs, das auf die Unendlichkeit eingestellt war, beobachtet wurde. Die Disposition war also ganz entsprechend der schon von Arago zur Ermittlung kleiner Unterschiede in Brechungsverhältnissen vorgeschlagenen. Das Fadenkreuz des Fernrohrs wurde dann auf das erste Minimum zweiter Ordnung auf der einen Seite eingestellt und darauf die eine Troghälfte positiv elektrisirt, während die Flüssigkeit in der andern zur Erde abgeleitet war. Obschon dabei wegen der Bindung der entgegengesetzten Elektricitäten auf den beiden Seitenflächen der Scheidewand, längs welchen die interferirenden Lichtstrahlen hinstrichen, die Dichtigkeit der Elektricität ziemlich gesteigert werden konnte, war keinerlei Bewegung der erwähnten Interferenzfranse bemerkbar. Die Theorie zeigt aber, daß eine relative Veränderung der Brechungsverhältnisse der beiden Flüssigkeits-Schichten um etwa 0,000001 schon hinreichen würde, eine anguläre Verrückung jener dunkeln Franse um 10" zu bewirken, was noch mit Sicherheit hätte beobachtet werden können.

4. Bei einer ähnlichen Disposition wie beim vorigen Versuch liefs man statt durch Flüssigkeit die interferirenden Lichtstrahlen der beiden Oeffnungen einfach längs der beiden Belegungen einer Franklin'schen Tafel hinstreichen in der Meinung, daß vielleicht die angränzenden Luftschichten wenigstens von der freien Elektricität der einen Belegung etwas afficirt werden könnten. Auch da ergab

sich keine merkliche Verrückung der erwähnten Interferenzfranse.

Ich gestehe, daß sowohl gegen die erstern als namentlich auch gegen die letztern Versuche sich Mancherlei wird einwenden lassen, das ihnen eine Entscheidung der schwebenden Frage abspricht. Gewichtiger dagegen dürften die nachfolgenden Beobachtungen seyn, bei welchen ich vermittelst meines Photometers die allfällige Veränderung der Intensität des reflectirten Lichtes durch Elektrisirung des reflectirenden Körpers untersuchte.

5. Vor den beiden vordern Oeffnungen des Prismen-Apparats meines Photometers ¹⁾ wurden zwei Glasschalen mit verdünnter Schwefelsäure, wie sub 2, so aufgestellt, daß ihre Mittelpunkte in die Verlängerung der etwas nach vorn geneigten Sehaxe des Photometers zu liegen kamen und die Flüssigkeitsoberflächen in beiden Schalen das Licht eines gleichmäÙig erleuchteten durchscheinenden Papierschirms in das Photometer hineinreflectirten. Darauf wurde der Flüssigkeit in der einen Schale vom positiven Conductor der Elektrisirmaschine positive Elektricität zugeführt, während die isolirte Kupferplatte darüber mit derjenigen über der andern Schale in leitender Verbindung stand und die Flüssigkeit der letztern zum Erdboden abgeleitet war. Es war so möglich, die erstere Flüssigkeit schwach mit positiver, die letztere schwach mit negativer Elektricität zu laden. Wenn man nunmehr das Verschwinden der Farbfransen im Polariskop des Photometers herbeiführte und dann die Flüssigkeiten durch Verbindung der ersten Schale mit dem negativen Conductor der Elektrisirmaschine mit entgegengesetzten Elektricitäten lud, so konnte ein Wiederscheinen der Farbfransen nicht wahrgenommen werden.

6. Ein weiterer Versuch unterschied sich von dem vorigen nur dadurch, daß man statt verdünnter Schwefelsäure Quecksilber in die beiden Glasschalen brachte. Auch da war bei entgegengesetzter Elektrisirung im Photometer

1) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 211.

keinerlei Aenderung im Verhältniß der reflectirten Lichtintensitäten zu beobachten.

7. Bei einer belegten Spiegelplatte von 270^{mm} Länge, 165^{mm} Breite und 4^{mm} Dicke wurde ringsherum auf eine Breite von 50^{mm} das Beleg weggekratzt, der so entstandene Rand beiderseits wohl gefirnist und darauf die Platte mit der stehengebliebenen Belegung auf die abgerundeten Köpfe dreier in ein Brettchen eingeschraubten Holzschrauben gelegt. Auf die obere Fläche wurde sodann eine zweite belegte Spiegelplatte von einer Größe, welche genau der stehengebliebenen Belegung auf der erstern entsprach, ebenfalls mit der belegten Seite nach unten gelegt. Bei dieser war in der Mitte des Belegs ein Stück von 45^{mm} Länge und 9^{mm} Breite weggenommen und ein kleiner untergelegter und am Rande nach oben umgebogener Stanniolstreifen vermittelte eine Leitung von dieser Belegung nach außen. Man erhielt nämlich auf diese Weise eine Art Franklin'scher Tafel, bei welcher die Belegung der unteren Platte die stets zum Erdboden abgeleitete Condensatorplatte repräsentirte und die Belegung der obern die nach Belieben mit dem positiven und negativen Conductor zu verbindende Collectorplatte. Zugleich bildete die obere Belegung einen Spiegel mit Ausschnitt, durch welch' letztern man auf die untere ebenfalls spiegelnde Belegung hinsehen konnte; man hatte also gewissermaßen zwei unmittelbar an einander gränzende Metallspiegel, von denen der eine nach Belieben mit stark condensirter positiver oder negativer und der andere je mit der entgegengesetzten Elektricität geladen werden konnte. Auf die Trennungslinie dieser beiden Spiegelflächen wurde das Photometer ohne Prismenapparat eingestellt, indem man dabei wieder das Licht eines durchscheinenden Papierschirms reflektiren ließ, und dann, nach Ladung der obern Belegung der Franklin'schen Tafel mit positiver Elektricität, das Verschwinden der Farbfransen durch Drehen des Kalkspath-Polarisators herbeigeführt. Die Fransen blieben ausgelöscht sowohl als man hierauf die

Tafel entlud als auch nachher der obern Belegung negative Elektrizität zuführte.

Diese letzteren Versuche beweisen nun jedenfalls, daß die Intensität des von einem Körper reflectirten Lichts nicht um $\frac{1}{1000}$ ihres Betrags verändert wird, wenn man denselben stark positiv oder negativ elektrisirt. Da aber die Intensität des reflectirten Lichts auch vom Brechungsverhältniß abhängt, so scheint mir diese Thatsache auch gegen die Hypothese der Identität von Lichtäther und elektrischem Fluidum zu sprechen.

XIII. Elektrisirmaschine von Schwefel.

Bekanntlich hat Hr. Ch. Sainte-Claire Deville gefunden, sagt Hr. Richer in den *Compt. rend. T. LX, p. 240*, daß der Schwefel, wenn man ihn mehrmals schmilzt und plötzlich erkaltet, sich in rothen Schwefel verwandelt. Ich habe überdies bemerkt, daß wenn man Schwefel, der solchergestalt mehrmals unter besonderen Erkaltungs-Umständen krystallisirte, ausgießt, er eine Art Härtung annimmt und zu bewahren scheint. Ich konnte davon Platten oder Scheiben von 2 bis 3 Centimetern Dicke und mehr als 1 Meter Durchmesser darstellen. Sie besitzen eine gewisse Zähigkeit und sind etwas zerbrechlicher als Glas. Da sie nicht viel kosten und nicht hygroskopisch sind, so können sie mit Vortheil zur Construction von Elektrisirmaschinen angewandt werden. Mehrere dieser Maschinen sind vor länger als einem Jahr construirt und functioniren sehr regelmäßig¹⁾.

1) Schon Otto v. Guericke erregte bekanntlich Elektrizität mittelst einer rotirenden Schwefelkugel (*Experimenta nova magdeburgica p. 147*). P.